



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, TECNOLÓGICA E LABORATORIAL DE
CULTIVARES DE PALMA DE ÓLEO IRRIGADA EM PORTO NACIONAL-TO**

Aluna: Adriana de Jesus Borges

PALMAS –TO

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, TECNOLÓGICA E LABORATORIAL DE
CULTIVARES DE PALMA DE ÓLEO IRRIGADA EM PORTO NACIONAL-TO

Aluna: Adriana de Jesus Borges

Orientador: Dr.Erich Collicchio

Co-orientador: Dr.Gustavo Azevedo Campos

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia, junto ao Programa de Pós – Graduação *Stricto Sensu* em Agroenergia.

PALMAS –TO

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

B732a Borges, Adriana de Jesus .
 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, TECNOLÓGICA E LABORATORIAL DE
 CULTIVARES DE PALMA IRRIGADA EM PORTO NACIONAL-TO. /
 Adriana de Jesus Borges. – Palmas, TO, 2015.
 78 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
 – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
 Agroenergia, 2015.

 Orientadora : Erich Collicchio

 Coorientador: Gustavo Azevedo Campos

 1. Clima, . 2. Elaeis guineensis. 3. óleo, . 4. Tocantins. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



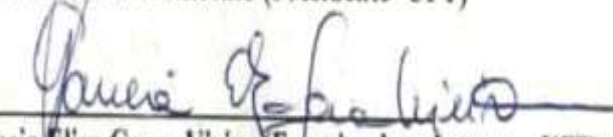
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, TECNOLÓGICA E
LABORATORIAL DE CULTIVARES DE PALMA DE ÓLEO
IRRIGADA EM PORTO NACIONAL-TO**

Aluna: Adriana de Jesus Borges

APROVADA EM 03/03/2015


Prof. Dr. Erich Collicchio (Presidente- UFT)


Prof. Dra. Gláucia Eliza Gama Vieira (Examinadora Interna - UFT)


Prof. Dr. Gustavo Azevedo Campos (Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família
que sempre acreditou em meu
potencial e me ajudou a alcançar meus
objetivos, em especial ao meu pai
Erasmão *in memoriam* que é a pessoa
mais importante na vida e sempre me
incentivou a buscar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me guiado sempre pelos bons caminhos;

Ao Prof. Erich Collicchio pela confiança de me aceitar como orientanda e por toda compreensão durante este período;

Ao Dr. Gustavo Azevedo Campos pela orientação, paciência, por todo aprendizado passado a mim e por ter me auxiliado e na realização deste trabalho;

À minha família por ter me feito acreditar que posso chegar mais longe;

À professora Gláucia por ter concedido seu laboratório para minhas análises e pelas contribuições dadas neste trabalho;

À Soraya, Diego, Olyria e Alessandra por todo apoio dado neste período;

Aos colegas da minha turma especialmente a minha amiga Juh por ter me ouvido e me suportado durante os momentos tensos e todos do LEDBIO que foram maravilhosos e acolhedores comigo;

À Embrapa Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas por ter me concedido as amostras de dendê, os reagentes e todo material que utilizei durante as análises que foi crucial para o desenvolvimento da pesquisa, além de ter me possibilitado cursos de formação e utilização do espaço físico da instituição para estudo;

À Universidade Federal do Tocantins por meio do Programa de Pós-graduação em Agroenergia que me deu oportunidade de possuir o título de Mestre, ao LAMAM pelo apoio logístico e ao LEDBIO onde foi possível a realização de toda pesquisa laboratorial;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
Mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser,
Mas Graças a Deus,
Não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

É preciso força pra sonhar e
perceber que a estrada vai além do
que se vê”.

(Los Hermanos)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
CAPÍTULO 1	18
1. REVISÃO DE LITERATURA	18
1.1. Caracterização botânica e descrição morfológica	18
1.2. Origem e distribuição geográfica	22
1.3. Importância da cultura da palma de óleo.....	22
1.4. Ecofisiologia da palma	23
1.5. Cultivares	24
1.6. O óleo de palma.....	26
1.7. Extração de óleos vegetais com solvente	27
1.8. Considerações sobre os métodos para extração.....	28
CAPÍTULO 2	38
RESUMO	38
ABSTRACT.....	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAIS E MÉTODOS	40
2.1. Área de estudo e delineamento experimental.....	40
2.2. Etapas desenvolvidas no trabalho	41
2.2.1. Coleta dos frutos no campo ao pré-preparo da amostra	42
2.2.2. Preparo da amostra para extração de óleo	43
2.2.3. Extração do óleo.....	44
2.3. Avaliação dos parâmetros dos métodos	45
2.3.1. Teste de secagem da polpa	45
2.3.2 Teste do efeito da granulometria	46
2.3.3. Teste do tempo de extração de óleo	46
2.3.5. Teste de higroscopicidade	46
2.4. Cálculos e fórmulas.....	47
2.5. Análises estatísticas.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1. Teste de granulometria	48
3.2. Teste do tempo de extração de óleo	50

3.3. Teste de extração de diferentes massas de amostra.....	52
3.4. Teste de higroscopicidade SUMÁRIO	53
3.5. Redução de custos e do tempo de extração	54
4. CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS	59
CAPÍTULO 3	61
RESUMO	62
ABSTRACT	62
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAIS E MÉTODOS	64
2.1. Área de estudo e delineamento experimental.....	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4. CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Planta de dendê mostrando o estipe, a disposição das folhas, as inflorescências masculina e feminina, seu cacho e frutos..... 18

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Mapa de localização do experimento de dendê onde coletou-se os frutos para extração do óleo..... 36
- Figura 2. Cacho de palma de óleo, mostrando sua divisão em 3 partes (apical, mediana e basal)..... 37
- Figura 3. Fluxograma mostrando as etapas para extração de óleo por Soxhlet, com otimização do processo..... 43
- Figura 4. Peneiramento para separação de partículas por tamanho em tamisor..... 44
- Figura 5. A. Extração de óleo da polpa de dendê via Soxhlet com solvente hexano e B. recuperação do solvente no evaporador rotativo..... 45
- Figura 6. Teor de óleo obtido nos tempos de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas de fluxo contínuo no extrator Soxhlet, Palmas –TO, 03 de nov. de 2014..... 49
- Figura 7. Efeito do tamanho de partículas de polpa de palma de óleo na massa de óleo extraída via Soxhlet, Palmas –TO, 03 de novembro de 2014..... 52
- Figura 8. Teor de óleo e peso de óleo obtido por extração via Soxhlet, com amostras de polpa de palma de óleo com massa de 5, 10, 15 e 20 g, Palmas –TO, 03 de novembro de 2014..... 54
- Figura 9. Fluxograma com as etapas de extração de óleo de palma conforme metodologia usual e etapas realizadas neste trabalho com modificações da metodologia usual..... 58

CAPÍTULO 3

- Figura 1. Experimento com cultivares BRS C 2528, BRS C 2501, BRS C 2001, BRS 2301 de palma em Porto Nacional- TO..... 66
- Figura 2. Fluxograma com etapas a serem seguidas para extração de óleo por Soxhlet

com otimização do processo.....	68
---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.	Teor de óleo e produtividade das principais oleaginosas cultivadas no mundo.....	27
-----------	--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1.	Peneiras utilizadas e quantidade de óleo obtida de 6 granulometrias via Soxhlet, com solvente hexano.....	51
Tabela 2.	Média de peso de óleo de palma em diferentes tempos de pesagens mantido em condições ambientais (sem dessecador).....	55
Tabela 3.	Equipamentos, tempo de utilização e custos para realizar a extração de óleo via Soxhlet, com solvente hexano, Palmas –TO, 03 de nov. de 2014	57

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Médias da massa de óleo e teor de óleo em base secadas cultivares 2301, 2501, 1001 e 2528 em duas épocas.....	70
Tabela 2.	Parâmetros climáticos observados para as regiões e cultivo da palma de óleo no Estado do Pará (Amazônia) e as condições encontradas no experimento no Estado do Tocantins (Cerrado).....	71
Tabela 3.	Características climáticas do município de Porto Nacional – TO.....	72

RESUMO

BORGES, J. A.

Avaliação agronômica, tecnológica e laboratorial de cultivares de palma de óleo irrigada em Porto Nacional - TO. Palmas, 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), Universidade Federal do Tocantins – UFT, Mestrado em Agroenergia

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de produção de óleo de quatro cultivares de palma irrigada em duas épocas de colheita em condições de Cerrado, avaliar o efeito do método de extração de óleo sobre o teor de óleo extraído, além de formular um protocolo com um método de extração mais barato e eficiente focado na indústria de dendê. O método de coleta de dados foi subdividido em duas fases: a primeira fase constituiu no levantamento de dados bibliográficos, possibilitando a elaboração do referencial teórico, da implantação do experimento e da análise dos resultados encontrados na avaliação experimental. Já na segunda fase foi realizada a coleta de material em campo, no município de Porto Nacional- TO, onde foi conduzido o experimento avaliado. O experimento foi composto por quatro cultivares de dendê: (BRS C 2528, BRS C 2501, BRS C 2001, BRS 2301). A coleta de dados para a avaliação do experimento ocorreu com a colheita dos cachos de dendê no estágio de maturação dos frutos, sendo realizadas análises quantitativas dos dados coletados. Os frutos coletados foram pesados, identificados e armazenados em freezer a extração do óleo observou-se que a época de formação do cacho não influencia no teor de óleo obtido e as cultivares não possuem diferenças significativas no teor de óleo avaliado e isso se dá devido o material possivelmente possuir igual origem genética. As análises laboratoriais foram feitas visando à otimização do método utilizado na indústria de dendê e para isso foram realizadas extrações de óleo de dendê com solvente hexano com testes de diferentes tempos de extração, diferentes granulometrias utilizadas no processo extrativo, avaliação do efeito da umidade no peso de óleo obtido teste de higroscopicidade para avaliar se haveria necessidade do uso do dessecador no processo de pesagem do óleo extraído.

Palavras chaves: clima, *Elaeis guineensis*, óleo, Tocantins

ABSTRACT

BORGES, J. A.

Agronomic, technological and laboratory evaluation of irrigated palm cultivars in Porto Nacional - TO. Palmas, 2015. 78 p. Dissertation (Master in Agroenergia), Federal University of Tocantins - UFT, Master of Agroenergia

This study aimed to evaluate the performance of four irrigated palm cultivars oil production in two harvest seasons in Cerrado conditions, evaluate the effect of oil extraction method on the extracted oil content, as well as formulate a protocol to a method for cheaply and efficiently focused on the extraction of palm oil industry. The data collection method was divided into two phases: the first phase consisted in the collection of bibliographic data, enabling the development of the theoretical framework, the implementation of the experiment and analysis of the results found in the experimental evaluation. In the second phase we collected material in the field, in Porto Nacional- TO, which was conducted the experiment evaluated. The experiment consisted of four cultivars of palm: (BRS C 2528, BRS C 2501 C BRS 2001 BRS 2301). Data collection for the evaluation of the experiment occurred with crop of palm bunches in the fruit ripening stage, and performed quantitative analysis of the collected data. Then fruits were weighed, identified and stored in a freezer at oil extraction was observed that the cluster formation time influences the obtained oil content and yield did not have significant differences in estimated oil content and this is because the material have the same genetic origin. Laboratory tests were performed in order to optimize the method used in the oil palm industry and that were held palm oil extraction solvent hexane extraction tests of different times, different particle sizes used in the extraction process, evaluation of moisture effect on weight oil obtained hygroscopicity test to assess whether there was a need desiccator use the extracted oil weighing process.

Keywords: climate, *Elaeis guineensis*, oil, Tocantins

INTRODUÇÃO GERAL

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é a oleaginosa de maior importância mundial (SHEIL *et al.*, 2009). Com produção mundial de óleo estimada de 62,35 milhões de toneladas na safra 2014/2015 (USDA, 2014), a palma de óleo se consolida como a cultura maior produtora de óleo no mundo (BRASIL, 2013).

A palma de óleo possui diversas características que a coloca como principal matéria-prima nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, oleoquímicas e também como biocombustível na forma de biodiesel (SURRE; ZILLER, 1969; SANTOS *et al.*, 1998; TRINDADE; POLTRONIER; FURLAN JUNIOR, 2005; GHAZALI; YUSOLF; AHMAD, 2006; FURLAN JÚNIOR, 2006; BOARI, 2008; TYE *et al.*, 2011; CHANG, 2014).

Sua produtividade média de 5 toneladas por hectare, supera as demais oleaginosas cultivadas (SANTOS, 2008).

Para Homma *et al.* (2000), Levermann; Souza (2014) e Brito (2014) a palmicultura caracteriza-se como atividade que possui diversos benefícios socioambientais, tais como:

a) a promoção da geração de emprego e renda, onde 10 hectares de palma de óleo emprega 1 trabalhador; b) melhoria da renda dos trabalhadores e consequentemente sua qualidade de vida; c) aceleração do comércio local; d) redução do êxodo rural com a fixação do homem no campo com disponibilidade de emprego, sendo que mais de 5 milhões de famílias no mundo tiram seu sustento exclusivamente desta cultura; e, e) produção de biodiesel, devido ao seu elevador teor de óleo.

Sua característica de planta tropical faz com que seu cultivo seja realizado em toda faixa equatorial do planeta, chegando a 43 países e ocupando uma área de 16, 4 milhões de hectares (FAO, 2014).

Os maiores produtores são Indonésia e Malásia que controlam cerca de 85% da produção global de óleo de palma (TURNER *et al.*, 2011; OBIDZINSKI *et al.*, 2012; USDA, 2014).

O Brasil está na última posição entre os 10 maiores produtores mundiais, sendo o estado do Pará responsável por mais de 90% da produção nacional. O clima favorável da região proporciona altos ganhos de produtividade, porém é uma região que deve ser preservada e isso dificulta o avanço da cultura (REBELLO; COSTA, 2012).

Outro bioma que a planta se adaptou bem foi o da Mata Atlântica onde se iniciou o cultivo desta planta trazida da África pelos escravos. Porém, a produção ficou limitada a pequenas propriedades e na maior parte de forma espontânea (EMBRAPA, 2011).

A palma de óleo possui uma característica de adaptação muito intensa e no Brasil ele se encontra de forma espontânea no litoral da Bahia, demonstrando que é uma cultura de fácil adaptabilidade (VENTURIERI *et al.*, 2009).

Experimentos estão sendo conduzidos pela Embrapa em biomas como Cerrado que possui características climáticas muito diferentes das condições de Mata Atlântica e Floresta Amazônica (EMBRAPA, 2011).

Em locais, de influência do eixo Rio Tocantins-Paraná-Araguaia, Mato Grosso e baixo São Francisco (semiárido), há grande disponibilidade de águas fluviais e terras que podem ser utilizadas para o cultivo da palma de óleo. Dessa forma, o cultivo da palma fora da Amazônia úmida, nas áreas consideradas subótimas ou inaptas por deficiência hídrica, pode ser uma excelente opção. No entanto, não existe ainda, publicação de resultados das pesquisas com o cultivo de palma de óleo nestas áreas, onde a limitação parece ser apenas a deficiência hídrica (TELES, 2014).

O estudo das interações planta-ambiente é essencial para determinar o comportamento de uma planta nas condições ambientais em que ela habita (SQUILASSI, 2003; ROCHA *et al.*, 2005).

A palma de óleo por ser uma planta exótica, deve ser estudada sua ecofisiologia nas diversas condições que ele é cultivado. Os principais fatores que afetam a produção desta planta são clima e solo, nesse sentido, a importância de estudar esses fatores se dá pela grande diversidade edafoclimática em que esta planta se encontra (SANTOS, 2010).

O comportamento da cultura no habitat, influencia na produção, qualidade e quantidade de óleo, que é o principal interesse da agroindústria da palma. A palma responde as modificações do meio ambiente, mostrando variações no desempenho dos genótipos quando submetidos a diferentes condições ambientais (RAFII *et al.*, 2002).

Outro aspecto importante relacionado com a cultura de palma de óleo é o estudo da fase agroindustrial, onde é obtido o óleo de palma que é o principal produto obtido da espécie (MIRANDA; MOURA, 2003).

A extração de óleos vegetais pode ser feita por diversos métodos, porém o mais utilizado em escala industrial é a extração por prensagem e em alguns casos a extração por prensagem seguida da extração por solvente (GEANKOPLIS, 2003).

A extração do óleo de dendê é feita por prensagem, pois o fruto tem como principal característica elevado teor óleo, inviabilizando outra forma de extração a nível industrial pela facilidade da extração mecânica do óleo (MIRANDA; MOURA, 2003).

No processamento de palma, existem unidades industriais com capacidade instalada de 200 toneladas de cacho por dia e até maiores. Nestas agroindústrias, os cachos são esterilizados e o óleo da polpa é extraído em grandes prensas contínuas compatíveis com as características do fruto, onde se obtém uma fase líquida de óleo, água e fibras, além do caroço, no qual se encontra a amêndoa. Para separação das fases utilizam-se centrífugas (ANTONIASSI; FREITAS, 2011).

O processo de extração de óleo de palma exige uma considerável disponibilidade de matéria-prima e, por se tratar de fruto úmido, para conservação da qualidade do óleo e manutenção da acidez do óleo o mais baixo possível, as plantações de palma estão próximas das áreas de processamento (ANTONIASSI; FREITAS, 2011).

O processo de extração de óleos vegetais tem evoluído visando aumentar a eficiência, reduzir o consumo de energia e causar menor impacto ambiental. O aumento na eficiência se dá principalmente pela maximização da remoção do óleo, redução na perda de solvente para o meio ambiente e minimização dos custos operacionais (MMA, 2006).

A taxa de extração de óleo depende de muitos fatores, mais particularmente do material genético plantado e das práticas de colheita. Sendo esses constantes, e com uma boa adubação, as variações nas taxas de extração serão devidas às diferenças do ambiente (TELES, 2014).

A extração do óleo deve ocorrer dentro de 24 horas após a colheita dos frutos (ultrapassando este prazo ele se torna rançoso), o que requer a localização das unidades de processamento nas proximidades das plantações (IOS, 2014).

Para que a extração ocorra o mais rápido possível e seja evitado o processo de rancificação, é necessário também que as análises para verificação do teor de óleo dos lotes que chegam à indústria seja feita rapidamente e demande um menor tempo para obtenção do resultado (IOS, 2014).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivos: i) Otimizar a quantificação do teor de óleo para laboratório de rotina industrial; ii) Quantificar o teor de óleo de quatro cultivares de palma colhida em duas épocas.

Este trabalho foi organizado em três capítulos, sendo o capítulo 1 correspondente a uma revisão de literatura sobre o tema e os capítulos 2 e 3, no formato de artigos científicos.

O primeiro capítulo trata de revisão de literatura sobre a cultura da palma de óleo, necessidades edafoclimáticas, cultivares importantes, extração de óleos vegetais, métodos de extração com solvente. Já o segundo capítulo, refere-se ao artigo que tratou da avaliação e otimização de métodos de extração de óleo de palma, com redução nos custos e no tempo de realização dos processos, focando no uso industrial de amostragem do teor de óleo da palma. Por sua vez, o terceiro capítulo abordou a avaliação do teor de óleo de quatro cultivares de palma irrigada, considerando duas épocas de colheita em solo sob condições de Cerrado no estado do Tocantins.

CAPÍTULO 1

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Caracterização botânica e descrição morfológica

Na classificação atual, a palma de óleo espécie *Elaeis guineensis* Jacq. é uma monocotiledônea pertencente ao gênero *Elaeis*, Classe *Liliopsida*, Ordem *Arecales*, Família *Arecaceae*, Subfamília *Arecoideae*, Tribo *Cocoseae* e Subtribo *Elaeidinae* (VALOIS, 1997; CHIA *et al.*, 2009).

Segundo Surre; Ziller, (1969) *apud* Conceição; Müller (2000), o gênero *Elaeis* possui duas espécies com interesse comercial e agrícola que são o caiaué (*Elaeis oleifera*) originária da América Central e a palma de óleo (*Elaeis guineensis*), com origem na África. Essas espécies possuem interesse comercial por suas características distintas das demais espécies do gênero (ADAM *et al.*, 2005; DRANSFIELD *et al.*, 2005; RIOS *et al.*, 2012).

Beirnaert; Vanderweyen (1941) *apud* Conceição; Müller (2000) e RIOS *et al.* (2012) classificaram as plantas de palma de óleo para as diversas características relacionadas com a possibilidade de transmissão hereditária de seus caracteres, que podem ser transmitidos com maior ou menor intensidade independentemente uns dos outros. A classificação mais importante foi em relação à espessura da polpa, por ser de interesse econômico.

Com a classificação segundo a espessura do endocarpo têm-se três tipos de plantas palma: a) tipo Dura, onde os frutos possuem endocarpo espesso, com pouca polpa; b) Psífera, com frutos sem endocarpo e, geralmente, abortivos; e c) Tenera, que apresentam frutos com endocarpo fino e maior proporção de polpa no fruto do que o tipo Dura e são, conseqüentemente, mais produtivas em óleo. Geralmente as plantas do tipo Tenera são cultivadas para obtenção de óleo devido as suas características de alta produção de óleo (FERREIRA *et al.*, 2012).

O conhecimento da germinação, do crescimento, do estabelecimento e da estrutura da plântula é imprescindível para compreender a dinâmica de populações vegetais (DONADIO; DEMATTÊ, 2000). Daí a importância de estudar a morfologia da palma para que se tenha sucesso no estabelecimento de plantios desta cultura.

A palma de óleo é uma palmeira grande com folhas pinadas, tendo um caule colunar solitário com entrenós curtos. Possui espinhos curtos no pecíolo da folha e nos cachos. A espécie é normalmente monóica com inflorescências femininas e masculinas dispostas separadamente na planta, mas às vezes mista, as inflorescências se desenvolvem nas axilas das folhas. O cacho é formado por diversos frutos que são os fornecedores de óleo na planta (CORLEY; TINKER, 2003).



A. Estipe; B. Inflorescência masculina; C. Espata; D. Inflorescência feminina; E. Cacho.

Figura1: Planta de palma de óleo mostrando o estipe, a disposição das folhas, as inflorescências masculina e feminina, seu cacho e frutos

Fonte: Soissons (2012)

O sistema radicular da palma de óleo é do tipo fasciculado, que tem como principal característica as raízes dispostas em todas as direções no solo, de modo mais superficial. É formado a partir do bulbo radicular, localizado na base do estipe (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000; LODY, 2009). Na palma, milhares de raízes maduras primárias

espalham-se a partir do tronco, com as novas primárias substituindo continuamente as raízes mortas (YAMPOLSKY, 1922 *apud* CORLEY; TINKER, 2003; LEÃO, 1990).

O crescimento inicial do planta de palma de óleo, após a fase de plântula envolve a formação de um tronco de base larga, sem alongamento internodal (CORLEY; TINKER, 2003). Para Berthaud *et al.* (2000) e Corley; Tinker (2003) o crescimento em altura é muito lento até os 3 anos após a formação da plântula. Os nós existentes no caule são cicatrizes de pecíolos de folhas e só se encontram externamente, não havendo interferência interna dessas cicatrizes.

A palma de óleo possui um ponto de crescimento na ápice do caule que é responsável pelo crescimento em diâmetro da planta, através do meristema apical. O estipe é uma coluna quase constante que se prolonga do bulbo radicular e é circulado por folhas dispostas em todas as direções ao seu redor, de forma mais ou menos triangular (CORLEY; TINKER, 2003; CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2003).

A folha da palma é composta por um eixo central que se liga ao estipe, denominado bainha, com o pecíolo fibroso e com diversos feixes laterais que se dispõem os folíolos. Uma planta de palma adulta chega a ter aproximadamente 35 a 50 folhas, medindo de 5 a 7 metros de comprimento. A folha possui um desenvolvimento muito lento e se forma no ápice do estipe na região do meristema apical, sendo inicialmente invisíveis e formam o palmito. Após esse período forma uma flecha que se posiciona externamente do pecíolo e os folíolos ainda estão unidos a ráquis. Após 5 meses crescendo, há o desabrochamento dos folíolos e essa folha passa a ter a importante função na planta de realizar a fotossíntese (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2003; ALVARADO; CHINCHILA; RODRIGUES, 2007; GOMES JUNIOR, 2010).

O número de folhas produzidas por uma planta de palma de óleo aumenta entre 30 e 40 folhas de 2 a 4 anos de idade. A partir dos 4 anos, a produção e emergência de folhas diminui gradualmente. Folhas com idade intermediária se encontram paralelas ao chão com a ponta ligeiramente dobrada para baixo, e normalmente, o lado adaxial da ráquis virado para cima (CORLEY; TINKER, 2003).

Na axila de cada folha há um botão que se desenvolve em uma inflorescência. Raros casos foram conhecidos, no entanto, em que um ramo vegetativo é produzido em vez de uma inflorescência (CORLEY; TINKER, 2003).

É uma planta monóica, ou seja, produz flores masculinas e femininas separadas na mesma planta, em ciclos sexuais alternados. Por ser de ciclos alternados, o florescimento

ocorre em períodos diferentes impedindo que haja autofecundação. Com a fecundação cruzada há uma maior variabilidade genética na planta. Os ciclos de florescimento tem duração variável e depende da idade da planta, fatores ecológicos, tratos culturais e genética da planta (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000; CORLEY; TINKER, 2003; CUNHA *et al.*, 2007).

Cada inflorescência consiste numa espádice com um raque central de 30-45 cm de comprimento, onde as espiguetas são dispostas em espiral. É envolta por duas espatas, externa e interna, as quais se rasgam, respectivamente, de 3 a 6 semanas antes da abertura das flores. A floração começa pelas espiguetas da base da inflorescência, terminando no seu ápice (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000; BEIRNAERT, 1935 *apud* CORLEY; TINKER, 2003; ADAM *et al.*, 2007; CUNHA *et al.*, 2007).

Após a fecundação da inflorescência feminina os frutos começam a se desenvolver formando o cacho de palma de óleo. A maturação do cacho ocorre por volta de 5 a 6 meses após a fecundação (CUNHA *et al.*, 2007).

O cacho de palma de óleo tem forma ovóide, e seu peso médio pode variar de 15 kg e 20 kg na idade adulta, em plantações industriais. O peso do cacho aumenta com a idade da planta, com peso inferior a 5 kg em 3 anos de idade, alcançando mais de 25 kg aos 15 anos (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000; CORLEY; TINKER, 2003, CUNHA *et al.*, 2007).

Segundo Corley; Tinker, (2003) cerca de 30 a 60% das flores se desenvolvem normalmente em frutos, dependendo da eficiência da polinização, com uma relação de fruta-cacho de 60-70%, considerando o peso em relação à frutificação.

O número médio de frutos por cacho é cerca de 1.500, representando 60% a 70% do peso do cacho. O fruto é uma drupa séssil de forma bastante variável. Mede de 2 a 5 cm de comprimento e pesa de 3 a 30 g. É composto por amêndoa, endocarpo ou casca, mesocarpo ou polpa e epicarpo ou epiderme (CUNHA *et al.*, 2007).

A formação de óleo na amêndoa inicia com cerca de 70 dias de formação do cacho e está completamente formado aos 120 dias. A síntese do óleo mesocarpo começa com cerca de 120 dias, e continua até que o fruto se separe do cacho (CORLEY; TINKER, 2003).

A semente da palma de óleo é uma noz que é envolvida pelo mesocarpo e possui polpa oleosa. Consiste em um reservatório, ou endocarpo, e um, dois ou três amêndoas. Na maioria dos casos, as sementes contém somente um núcleo, uma vez que dois dos três óvulos no ovário tricarpelar geralmente abortam (CORLEY; TINKER, 2003).

1.2. Origem e distribuição geográfica

A palma de óleo é originária do continente Africano e concentra-se principalmente nos países da Guiné, Serra Leoa, Libéria, Costa do Marfim, Gana, Togo, Benim, Nigéria, Camarões, Gabon, República Democrática do Congo e Angola (RIOS *et al.*, 2012).

Seu centro de origem está na região da floresta tropical da África Ocidental, em uma região com cerca de 200 a 300 km de largura ao longo da faixa costeira da Libéria até Angola. A palma de óleo se espalhou desde 16° da latitude S, no Senegal, até 15° S em Angola e para o leste até o Oceano Índico. Tem sido cultivada ao longo dos trópicos entre 16 ° das latitudes N e S (CORLEY; TINKER, 2003).

1.3. Importância da cultura da palma de óleo

A palmicultura possui importância mundial por ser uma oleaginosa de grande destaque em diversos setores como: a indústria alimentícia, farmacêutica, metalúrgica e química. É cultivada em 43 países em mais de 11 milhões de hectares em todo o mundo (ABDUL KHALIL *et al.*, 2008; BRASIL, 2013).

A produção mundial de óleo estimada para a safra 2014/2015 é de 62,35 milhões de toneladas, tornando a palma de óleo como um dos principais destaques como cultura de óleo mais produzida no mundo (USDA, 2014).

O Brasil produz muito pouco, mesmo com as vantagens produtivas e condições edafoclimáticas favoráveis para produção de palma de óleo em que o país se encontra (CUNHA; MONTAG; JUEEN, 2015). Constata-se que menos da metade da demanda brasileira é suprida com a produção interna de óleo de palma (BECKER, 2010).

No ano de 2009, o Brasil importou um total de US\$ 9,8 milhões de óleo de palma da Colômbia (BRASIL, 2011), e as importações brasileiras em março de 2014, correspondeu a 25 mil toneladas (CONAB, 2014).

O preço do óleo de palma no mercado mundial foi de 860,52 dólares em março de 2014 (INDEXMUNDI, 2014), e está tendo uma alta significativa ao longo dos últimos anos. Isso pode estar relacionado com o aumento da demanda mundial por óleo de palma. Porém, em dezembro de 2014 o preço do óleo da palma reduziu para 624,54 dólares, sendo observada uma queda superior a 200 dólares em 8 meses. Esta queda se deu em parte pelo elevado estoque do produto acumulado nos países asiáticos, associado ao impacto na demanda provocada pela crise econômica global (INDEXMUNDI, 2014).

No Brasil a palma de óleo teve início de sua exploração industrial na Bahia a partir do século XVII e se expandiu para a região Norte do Brasil, onde teve ótima adaptação devido às condições edafoclimáticas favoráveis (FURLAN JÚNIOR, 2004).

Atualmente a palma de óleo é produzida em grandes áreas no estado do Pará, especificamente na região nordeste do Estado, onde existem agroindústrias de processamento do cacho e grandes áreas plantadas para suprir a demanda agroindustrial da palma de óleo (RAMALHO FILHO, 2010).

Os incentivos governamentais para implantação da cultura da palma de óleo de forma econômica no Norte do Brasil teve início na década de 80, com o Programa Nacional de Pesquisas com o Dendê (PNP – dendê) e o Programa Nacional para o Dendê denominado PRONADEM (CONCEIÇÃO; MULLER, 2000; ALVES, 2007).

Atualmente com o Programa Nacional de Produção e Usos do Biodiesel que diversificou as fontes de matéria-prima para produção de biodiesel priorizando as culturas de cada região. O Governo Federal lançou o Programa de Produção Sustentável da Palma e linhas de crédito, como o Pronaf Eco Dendê, que insere o agricultor familiar na cadeia produtiva da palma de óleo. O programa ABC- Agricultura de Baixo Carbono também possui uma linha de crédito para implantação, melhoramento e manutenção de florestas de palma, prioritariamente em áreas produtivas degradadas, denominado ABC Palma de óleo (COSTA; REBELLO, 2012).

1.4. Ecofisiologia da palma

As áreas cultivadas com a palma encontram-se numa faixa intertropical do globo dispersas em diversas regiões com uma multiplicidade de fatores edáficos e climáticos (CARVALHO, 2000).

De acordo com Hartley (1977) *apud* Viégas; Muller (2000); Valois (1997); Carvalho, (2000); Cunha *et al.* (2010) e Reis *et al.*, (2011), as condições ecológicas que satisfazem o pleno desenvolvimento desta cultura para atendimento de uma produtividade máxima são:

- Precipitações de 1.800 a 2.000 mm distribuídas durante o ano, sem ocorrência de estações secas definidas, não ultrapassando 3 meses com precipitação inferior a 100mm;
- Insolação de pelo menos 5 horas diárias durante todo o ano, ou 1.500 a 2.000 horas de luz por ano;
- Umidade relativa média do ar de 85%;

- Temperatura máxima média de 29 °C a 33 °C e mínima média de 22 a 24 °C;
- Altitude não superior a 500 metros acima do nível do mar;
- Topografia de preferência plana ou levemente ondulada, não ultrapassando 10% de declividade, principalmente para facilitar o processo contínuo da colheita;
- Solos profundos, permeáveis, sem impedimentos físicos para o livre desenvolvimento das raízes e pH entre 4,5 e 6,0.

Essas condições normalmente não são atendidas e os centros de produção também não atendem a todas às condições, com isso a produtividade máxima nem sempre é alcançada (VIÉGAS; MULLER, 2000).

A palma de óleo por suas exigências edafoclimáticas tem possibilidade de ser introduzido em grandes áreas da Amazônia brasileira, assim como outros biomas que possuem características semelhantes ao do ambiente Amazônico (CUNHA; CONTAG; JÜEN, 2015).

Com a introdução de mais plantios de palma de óleo o Brasil pode passar de importador para exportador do óleo de palma (MACEDO JUNIOR; ASSAD; MARIN, 2009).

1.5. Cultivares

Pela variabilidade genética existente na palma de óleo devido à polinização cruzada, pelo alto ciclo econômico de cultura e por haver uma diversidade natural da espécie, é necessária uma devida atenção na escolha do material genético para a formação do palmeiral (BARCELOS *et al.*, 2002).

A espécie possui diferenças na espessura do endocarpo que a classifica como Dura, Tenera ou Psífera. A escolha do grupo de plantas a ser implantado interfere diretamente no rendimento do óleo obtido. Nas populações naturais, as frequências de plantas Psífera e Tenera são baixas, variando entre menor que 1% e aproximadamente 3%, respectivamente. Nesse sentido o tipo Dura é predominante, com cerca de 97% do material existente na natureza. O cruzamento dos dois tipos de plantas (Dura e Psífera), geram genitores com características desejáveis para o plantio comercial da espécie (CUNHA *et al.*, 2010).

No Brasil, os plantios agroindustriais são implantados com o cruzamento (Dura x Psífera), que forma o híbrido Tenera, o qual apresenta produção de óleo superior ao dos seus progenitores. Apenas os palmares subspontâneos existentes na Bahia que são explorados de forma extrativista, são constituídos de plantas Dura, que apresentam baixa

produtividade de cachos (3 a 4 t/ha/ano) e baixa taxa de extração de óleo (8 a 9%) (CUNHA *et al.*, 2010).

Na introdução de um novo plantio o agricultor deve sempre adquirir mudas provenientes de cruzamento controlado para que não haja segregação genética e acabe reduzindo a produção de óleo (SOUZA, 2000).

Para Cunha *et al.* (2010) e Alves (2011), na implantação de um palmeiral é necessário que sejam utilizadas plantas de diversas origens, para assegurar ao produtor um plantio com menos chances de aparecimento de pragas e doenças ou anomalias climáticas atípicas que afetem as plantas. Além disso, deve-se realizar de modo mais eficiente o processamento de cachos na indústria, uma vez que as cultivares possuem picos de produção em diferentes épocas do ano, de forma que a produção mensal se torna mais regular do que quando se utiliza cultivares de mesma base genética.

As mudas e sementes de palma de óleo comercializadas no país devem estar registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC). As cultivares comercializadas que foram desenvolvidas no Brasil são: BRS C2301, BRS C2328, BRS C2501, BRS C2528, BRS C3701, BRS C7201, BRSC2001, híbridos intraespecífico Tenera (*Elaeis guineensis*) desenvolvidos pela Embrapa. Esses híbridos são provenientes de cruzamentos entre genitores tipo Dura, de origem Deli e Pisífera, de origem La Mé (COLLARES, 2011; CUNHA *et al.*, 2010).

As principais características das cultivares desenvolvidas no Brasil são: taxa de crescimento médio do tronco de 45 cm/ano, produzem de 15 a 30 toneladas de cacho/ha/ano, com taxa de extração de óleo do mesocarpo em torno de 22% e produção média de óleo de 4 a 6 toneladas de óleo/ha/ano. A taxa de extração de palmiste varia de 2,5 a 3%, correspondendo a 0,63 a 0,75 kg/ha/ano. A colheita de cachos inicia-se no 4º ano após o plantio, sendo a produção crescente até o 7º ano, a qual se mantém relativamente estável até o 17º/18º ano, quando passa a ser decrescente (CUNHA; MONTAG; JUEN, 2015).

O final da exploração economicamente viável ocorre com 25 a 30 anos, com o aumento do custo de colheita, devido à altura das plantas e a queda da produtividade. A produção se estende por todo o ano, com piques que podem chegar a 14-15% da produção anual em um só mês na fase alta e 5% na fase baixa, dependendo da distribuição das chuvas na região (CUNHA *et al.*, 2010).

Conforme os mesmos autores, as cultivares registradas para plantio no Brasil são recomendadas para a região tropical úmida, com precipitação em torno de 2.000 mm/ano bem distribuída, déficit hídrico igual ou inferior a 200 mm/ano, insolação superior a 1.800 horas/ano, temperatura média anual entre 24 e 28°C, com mínima mensal superior a 18°C e máxima entre 28 e 34°C, além de umidade relativa do ar entre 70 e 95%.

Segundo Venturieri (2009), Cunha *et al.* (2010), Cunha; Lopes (2010), Moura *et al.* (2013), o BRS Manicoré, um híbrido interespecífico de *E. guineensis* x *E. oleifera* desenvolvido pela Embrapa, é recomendado para regiões onde se verificou a ocorrência de Amarelecimento Fatal – AF, que já dizimou milhares de hectares de plantações de palma de óleo na América Latina. A espécie americana *E. oleifera* e o híbrido com a espécie africana não são afetados pelo AF.

Outras cultivares desenvolvidas na Ásia, África e América do Sul são cultivadas no Brasil e possuem bom desempenho produtivo nas condições edafoclimáticas do país.

1.6. O óleo de palma

Óleos e gorduras são substâncias de origem vegetal ou animal que consistem predominantemente de ésteres de glicerol com ácidos graxos chamados triglicerídeos. A maioria dos óleos vegetais é obtida de frutos e sementes, que geralmente fornecem dois produtos: o óleo e uma torta rica em proteínas (ASADAUSKAS; PEREZ; DUDA, 1996; RINALDI *et al.*, 2007).

Os óleos vegetais são constituídos de lipídeos, que apresentam predominantemente em sua composição triglicerídeos (~98%), além de uma pequena quantidade de ácidos graxos livres, mono e diglicerídeos, fosfolipídeos, esteróis e tocoferóis (CERT *et al.*, 2000; BELINATO, 2010).

Com o aumento da demanda por biocombustíveis, várias espécies de plantas oleaginosas tem se apresentado com potencial no fornecimento de matéria prima para a extração de óleo e obtenção de biodiesel e o cultivo destas espécies teve um aumento nos últimos anos (BALOTA *et al.*, 2010).

Diversas espécies oleaginosas são cultivadas principalmente pela demanda mundial de óleo para produção de biodiesel e pelas diversas aplicações industriais do seu óleo. As principais culturas produzidas são: palma de óleo, soja, amendoim, canola, algodão, girassol e mamona (BRASIL, 2013).

As principais espécies produtoras de óleo com importância econômica estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Teor de óleo e produtividade das principais oleaginosas cultivadas no mundo

Cultura	Teor de óleo (%)	Produtividade (kg/ha)
Soja	20	560
Amendoim	45	788
Dendê	22	5.000
Girassol	42 - 45	715
Algodão em caroço	80 - 82	361
Mamona	20	4.700
Canola	40	573

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013)

Da palma é extraído dois tipos de óleo: o óleo de palma extraído do mesocarpo do fruto e o óleo de palmiste obtido da amêndoa do fruto. Os óleos de palma e de palmiste possuem diferentes propriedades devido sua composição química. O óleo de palma é rico em vitamina E, ácidos graxos insaturados e poli-insaturados. O óleo, composto de palmitina, oleína, linolina, estearina e ácido palmítico, é de cor avermelhada, aroma forte e consistência densa, devido a presença de ácidos graxos saturados em sua composição (RIVAL, 2007; KOK *et al.*, 2011; SEPTEVANI *et al.*, 2015).

Com aproximadamente 50% de ácidos graxos saturados (palmítico 44% e esteárico 5%) e 50% de insaturados (oléico 40% e linoléico 10%), ele pode ser fracionado de forma natural em frações de triglicerídeos com diferentes pontos de fusão. A grande variedade de frações obtidas a partir do óleo de palma amplia sua utilização em diversos alimentos, tais como: utilização na indústria alimentícia, química, cosmética e de combustível (SAMBANTHAMURTHI *et al.*, 2000; SOUZA, 2000; MEJER, 2014).

1.7. Extração de óleos vegetais com solvente

A extração de óleos vegetais constitui-se numa etapa importante para os processos tecnológicos de matérias graxas. O objetivo da extração é separar o material de interesse da matriz que o compõe, que normalmente é um fruto ou semente. O emprego de solvente neste processo possibilita a obtenção de um maior rendimento de óleo (BRUNETON, 1991).

No processo extrativo as partículas da matéria graxa são introduzidas no extrator e o óleo aparece no material submetido à extração, de duas formas: na forma de uma camada ao redor das partículas, que é recuperado por processo de simples dissolução, ou contido nas células intactas, sendo removido do interior destas por difusão (MANDARINO, 2001).

Segundo Mandarino (2001), a solução do óleo no solvente é chamada “miscela” e o fator que define a velocidade de extração é a obtenção do equilíbrio no sistema óleo-miscela-solvente. As principais condições que facilitam o processo de difusão são a superfície específica das partículas após a trituração, a temperatura próxima ao ponto de ebulição do solvente 70°C e a umidade apropriada do material.

Os solventes mais empregados no processo de extração por solvente são aqueles oriundos de frações leves de petróleo, como: hexano, éter, acetona. O mais utilizado neste processo é o solvente hexano que possui como principal característica o baixo ponto de ebulição em torno de 70 °C, que otimiza o processo de extração reduzindo o tempo de ação do solvente na matriz graxa (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Outras vantagens do hexano é a imiscibilidade em água e a sua composição homogênea. Porém, mesmo com diversas vantagens o hexano ainda é um solvente que possui alta inflamabilidade, alta toxidez além de possuir custo elevado (SCHNEIDER, 2003).

1.8. Considerações sobre os métodos para extração

Diversos métodos de extração vêm sendo utilizados no processo de extração de matérias graxas. Diversos estudos foram realizados visando melhorar os métodos oficiais de extração de óleo de diversas matrizes graxas. Os variados métodos existentes possuem como principais desvantagens o alto custo do processo e um maior tempo (REZENDE; FILHO, 2000 e ROSENTHAL *et al.*, 1998).

Estudos podem ser realizados para otimização dos processos com relação a custo e tempo gasto por extração, tendo em vista que os processos extrativos mais comuns são demorados e dispendem alto custo (CAMPOS, 2009; CERUTTI; SOUZA; SOUZA, 2012).

Os métodos mais utilizados para extração de óleo são: extração por solvente, prensagem mecânica a frio, artesanal (fervura), prensagem hidráulica mecânica (hidráulica e contínua), por solvente, por fluídos supercríticos, por ultra-som, entre outros (REZAEI;

YAMINI; FARAJI, 2010; NDE; BOLDOR; ASTETE, 2015; HAO *et al.*, 2015; MARAN; PRIYA, 2015).

Antes da extração é necessário o preparo da amostra, que inclui descascamento ou despulpamento dependendo da matéria-prima, limpeza, secagem, desintegração ou trituração, floculação e condicionamento ou aquecimento. Estas operações dependem do tipo e da qualidade da matéria-prima (TANDY, 1991).

Um método habitual de extração de óleo de palma em laboratório é por solvente em extrator Soxhlet (MANDAL; BABU, 2008).

Uma metodologia usualmente aplicada na extração de óleos é aquela que utiliza o aparelho de extração Soxhlet, conforme método AOAC (2002) e IAL (2008). Os procedimentos consistem em: a) pesar 2 a 5 g da amostra em cartucho de Soxhlet ou em papel de filtro e amarrar com fio de lã previamente desengordurado; b) transferir o cartucho para o aparelho extrator tipo Soxhlet; c) acoplar o extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C; d) adicionar o solvente orgânico em quantidade suficiente para um extrator Soxhlet e meio e) adaptar a um refrigerador de bolas; f) manter, sob aquecimento em chapa elétrica, a extração contínua por 8 (quatro a cinco gotas por segundo) ou 16 horas (duas a três gotas por segundo); g) retirar o cartucho ou o papel de filtro amarrado, destilar o solvente e transfira o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora; h) resfriar em dessecador até à temperatura ambiente; i) pesar e repetir as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento até peso constante (no máximo 2 h).

Na indústria de palma de óleo, o óleo de palma é geralmente obtido por meio de uma série de processos que envolvem sistemas mecânicos. Há muitas unidades de operação com moinho típico. O processamento de óleo de palma na usina envolve a recepção de cachos de frutos frescos das plantações, esterilização e debulha dos cachos para libertar os frutos de palmeiras, digerindo e esmagando os frutos e pressionando o óleo de palma bruto, clarificação, purificação, secagem e armazenamento (POKU, 2002; OWOLARAFE; FAVORODE; AJIBOLA, 2002; VINCENT; SHAMSUDIN; BAHARUDDIN, 2014).

REFERÊNCIAS

- ABDUL KHALIL, H. P. S.; NUR FIRDAUS, M. Y.; ANIS, M.; RIDZUAN, R. The Effect of Storage Time and Humidity on Mechanical and Physical Properties of Medium Density Fiberboard (MDF) from Oil Palm Empty Fruit Bunch and Rubberwood. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 47 n. 10, p.1046-1053. 2008.
- ADAM, H.; JOUANNIC, S.; ESCOUTE, J.; DUVAL, Y.; VERDEIL, J. L.; TREGGAR, J. W. Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, Arecaceae). **American Journal of Botany**, v. 92, p.1836-1852. 2005.
- ADAM, H.; JOUANNIC, S.; MORCILLO, F.; VERDEIL, J-L.; DUVAL, Y.; TREGGAR, J. W. Determination of Flower Structure in *Elaeis guineensis*: Do Palms use the Same Homeotic Genes as Other Species? **Annals of Botany**, v. 100, n. 01 p.1-12. 2007.
- ALVARADO, A.; CHINCHILLA, C.; RODRIGUES, J. Desempenho de dos variedades de palma aceitera (Deli x AVROS y Deli x Ghana) plantadas a diferentes densidades en dos sitios en Costa Rica. **Oil Palm Papers**, n.30, p 35-41. 2007.
- ALVES, S. A. O. **Regaste de híbridos interespecíficos de dendezeiro (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)**. 2007. 63 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, 2007.
- ALVES, S. A. O.; LEMOS, O. F.; SANTOS FILHO, B. G.; SILVA, A. L. L. In vitro embryo rescue of interspecific hybrids of oil palm (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 2, p.1-6. 2011.
- ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. de. **Processamento da palma de óleo**. 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq302wx5ok01dx9lcx1g7v3u.html>. Acesso em: 09 mar. 2015.
- ASADAUSKAS, S.; PEREZ, J. M.; DUDA, J. L. Oxidative stability and antiwear properties of high oleic vegetable-oils. **Lubrication Engineering**, v. 52, n. 12, p. 877-882. 1996.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P. V.; CEREZINI, P.; MILANI, K. L.; SCHERER A.; HONDA, C; LEITE, L. G. Efeito dos fungos micorrízicos arbusculares em culturas oleaginosas. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 680-684.
- BARCELOS, E. *et al.* Genetic diversity and relationship in American and African oil palm as revealed by RFLP and AFLP molecular markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p.1105-1114. 2002.

BECKER, B. K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)? *Confins* [Online], n.10, p. 1-20, 2010. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6609>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

BERTHAUD, A.; NUNES, C. D. M.; BARCELOS, E.; CUNHA, R. N. V. da. Implantação e exploração da cultura do dendezeiro. In: VIEGAS, I. de J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazonia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 193-227

BRASIL. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. **Intercâmbio comercial do agronegócio: principais mercados de destino**. Brasília: MAPA/ACS, 2011. 459 p.

BRASIL. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Anuário estatístico de agroenergia 2012: statistical yearbook of agrienergy**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 284 p.

BRITO, M. Palma no Brasil: a corda está quase no limite. *Agroanalysis*, v. 34, n. 08, p.25-26, 2014.

BRUNETON, J. *Elementos de fitoquímica y de farmacognosia*. Zaragoza: Editorial Acribia, 1991, 594p.

BOARI, A. J. **Estudos realizados sobre o amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis Guineensis* Jacq) no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008, 66 p. (Documentos 348).

CARVALHO, R. J. C. Ecofisiologia do dendezeiro (*Elaeis guineensis* JACQ). In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 31-44, 2000.

CAMPOS, R. A. **Otimização de método de extração de óleo presente em polpa de abacate**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Química)- UNESP, Araraquara.

CERT, A.; MOREDA, W.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. *Journal Chromatography A*, v. 881, p. 131-148. 2000.

CERUTTI, M. L. M. N.; SOUZA, A. A. U. de; SOUZA, S. M. A. G. U. de. Solvent extraction of vegetable oils: Numerical and experimental study. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 2, p. 199-204. 2012.

CHANG, S. H. An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production. **Biomass Bioenergy**, v.62, p. 174–181. 2014.

CHIA, G. S. *et al.* Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. *Acta Amazônica*, v. 39, n. 2, p. 249-254. 2009.

COLLARES, D. COLLARES, D. G. Produção de cultivares e sementes de dendê na Embrapa. **Agroenergia em Revista**, ano 2, n. 2, p. 30-31. 2011.

CONAB, Companhia Nacional do Abastecimento. Indicadores da agropecuária: observatório agrícola. **Indic. Agropec.**, ano XXIII, n. 1, p. 01-78. 2014.

CONCEIÇÃO, H. E. O.; MULLER, A. A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, p. 31-44.

CORLEY, H.; TINKER, B. **The palm oil**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science, 2003. 608 p.

COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K. Perspectivas do dendê na Amazônia. **Contexto Energético**, ano 6, n. 25, p. 1-8, 2012.

CUNHA, R. V. C.; LOPES, R.; DANTAS, J.; ROCHA, R. **Procedimentos para produção de sementes comerciais de dendezeiro na Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007, 34 p. (Documentos 54).

CUNHA, R. N. V. *et al.* Material genético utilizado para a produção sustentável da cultura do dendê na Amazônia. In: RAMALHO FILHO, A. *et al.* **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura do dendê na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 216 p.

CUNHA, R. N. V.; LOPES, R. **BRS Manicoré**: híbrido interespecífico entre o caiaué e o dendezeiro africano recomendado para áreas de incidência de amarelecimento-fatal. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, 4p. (Comunicado Técnico 85).

CUNHA, E. L.; MONTAG, L. F. A.; JÜEN, L. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 422–429. 2015.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*peltophorum dubium* (spreng.) taub.) e jacarandá-da-bahia (*dalbergia nigra* (vell.) fr.all. ex benth.) - fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 64-73. 2000.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HARLEY, M. M.; LEWIS, C. E. A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. **Kew Bulletin**, v. 60, p. 559–569. 2005.

EMBRAPA. **Cultura do dendê é alternativa no cerrado**. 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/noticia_completa/320/>. Acesso em: 30 nov. 2014.

FAO. **FAOSTAT online statistical service**. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 02 fev. 2015.

FERREIRA, C. B. B. *et al.* Diversidade genética molecular de progênies de dendezeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p.378-384. 2012.

FURLAN JÚNIOR, J.; KALTNER, F. J.; ALVES, S. de M.; BARCELOS, E. **A utilização de óleo de palma como componente do biodiesel na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004, 5 p. (Comunicado Técnico 103).

FURLAN JÚNIOR, J. **Dendê**: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006, 40 p. (Documentos 246).

GEANKOPLIS, C. J. **Transport processes and separations process principles**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

GHAZALI, R; YUSOF, M.; AHMAD, S. Non-food applications of palm-based products-market opportunities and environmental benefits. **Palm Oil Development**, v. 44, n. 2, p. 8-14. 2006.

GOMES JÚNIOR, R. **Bases tecnológicas para a cultura da palma de óleo com ênfase na agricultura familiar**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010, 110 p.

HAO, S. *et al.* The effects of different extraction methods on composition and storage stability of sturgeon oil. **Food Chemistry**, v 173, p.274-282. 2015.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J; CARVALHO, R. A.; FERREIRA, A. Base para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia. In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 11-30.

INDEXMUNDI. **Palm oil monthly price**. Disponível em: <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=palm-oil>. Acesso em: 10 dez. 2014.

IOS. Instituto Observatório Social. **O comportamento sócio-trabalhista na produção do óleo de dendê no Estado do Pará com foco nas empresas Agropalma, Biovale/Biopalma, Petrobras Combustíveis**. São Paulo, 2014, 76 p. (Relatório final).

KOK, S. *et al.* Comparison of nutrient composition in kernel of tenera and clonal materials of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Food Chemistry**, v. 129, p. 1343-1347. 2011.

LEÃO, A. C. Classes de solos para dendê no sudeste da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 587-597, 1990.

LEVERMANN, R. A.; SOUZA, J. P. M. Óleo de palma: o crescimento da indústria global. **Agroanalysis**, v. 34, n. 08, p. 25-26. 2014.

LODY, R. G. da M. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia**. São Paulo: Editora Senac, 2009, 149p.

MACEDO JUNIOR, C.; ASSAD, E. D.; MARIN; F. R. Zoneamento de risco climático para a dendeicultura no Brasil. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte, 2009.

MANDAL, P. K.; BABU, M. M. **Estimation of mesoarp oil from oil palm fruits: a modified method for large number of samples**. Pedavegi: NRCOP. 2008. 4 p. (Technical Bulletin 9).

MANDARINO, J. M. G. **Tecnologia para produção do óleo de soja**: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Londrina: Embrapa Soja, 2001, 40 p. (Documentos 171).

MARAN, J. P. PRIYA, B. Supercritical fluid extraction of oil from muskmelon (*Cucumis melo*) seeds. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 47, p. 71-78. 2015.

MEJER. Cultivo, extração e refino de óleo de palma e palmiste. **Food Ingredients Brasil**, n. 31, p. 56-59. 2014.

MIRANDA, R. de M.; MOURA, R. D. **Óleo de dendê, alternativa ao óleo diesel como combustível para geradores de energia em comunidades da Amazônia**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas. ano 3. 2000. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000200042&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 09 Mar. 2015.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Identificação das alternativas tecnológicas de controle, tratamento e reuso de resíduos industriais**. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_8.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2015.

MOURA, J. I. L. *et al.* Preferência do bicudo-das-palmeiras por dendezeiro, caiaué e por seu híbrido interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 454-456, 2013.

NDE D. B.; BOLDOR, D.; ASTETE, C. Optimization of microwave assisted extraction parameters of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) oil using the Doehlert's experimental design. **Industrial Crops and Products**, v. 65, p.233-240. 2015.

OBIDZINSKI, K.; ANDRIANI, R.; KOMARUDIN, H.; ANDRIANTO, A. Environmental and social impacts of oil palm plantations and their implications for biofuel production in Indonesia. **Ecol. Soc.**, v. 17, n. 25, p. 1-19. 2012.

OWOLARAFE, O. K.; FAVORODE, M. O.; AJIBOLA, O. O. Comparative evaluation of the digester-screw press and a hand-operated hydraulic press for palm fruit processing. **Journal of Food Engineering**, v. 52 n. 3, 249-255. 2002.

POKU, K. **Small-scale palm oil processing in Africa**. Rome: FAO, 2002. (Bulletin 148-FAO agricultural services).

RAFII, M.Y.; RAJANAIDU, N.; JALANI, B.S.; KUSHAIRI, A. Performance and heritability estimations on oil palm progenies tested in different environments. **Journal of Oil Palm Research**, v.14, p.15-24. 2002.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. Zoneamento agroecológico para a cultura da palma de óleo (dendezeiro) nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. In: RAMALHO FILHO, A. *et al.* **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de dendê na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 216 p.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Rev. Virtual Quim.**, v. 5, n.1, p. 2-15. 2013.

REBELLO, F. K.; COSTA, D. H. M. A experiência do Banco da Amazônia com projetos integrados de dendê na agricultura familiar. **Contexto Amazônico**, ano 5, n. 22, p. 1-8. 2012.

REIS, V. M.; CARVALHO, A. R. V. de.; BALDANI, V. L. D. **O dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.)** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 25 p. (Documentos, 138).

REZAEI, M.; YAMINI, Y.; FARAJI, M. Evolution of dispersive liquid-liquid microextraction method. **Journal of Chromatography A.**, v.1217, p. 2342-2357. 2010.

REZENDE, D. F.; FILHO, R. M. Controle clássico proporcional e por matriz dinâmica para a extração de óleo de uva. In: COBEQ, Águas de São Pedro, 2000.

RINALDI, R. *et al.* Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1374-1380. 2007.

RIOS, S. A.; CUNHA, R. R. V. da; LOPES, R.; BARCELOS, E. **Recursos genéticos de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) e caiaué (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes).** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012, 39 p. (Documentos 96).

RIVAL, A. Oil Palm. In PUA, E. C.; DAVEY, R. **Biotechnology in agriculture and forestry, transgenic crops IV.** Berlin Heidelberg: Springer Verlag, v. 61, 2007, 422p.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 255-266. 2005.

ROSENTHAL, A.; PYLE, D. L.; NIRANJAN, K. Simultaneous aqueous extraction of oil and protein from soybean: mechanisms for process design. **Food Bioprod. Process.**, v. 76, p.224–230. 1998.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; TAN, Y. A. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research**, v.39, n.6, p.507-558. 2000.

SANTOS, M. A. S.; D'ÁVILA, J. L.; COSTA, R. M. Q.; COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; LOPES, M. L. B. **O comportamento do mercado do óleo de palma no Brasil e na Amazônia.** Belém: Estudos setoriais 11, 1998. 27p.

SANTOS, A.M. Análise do potencial do biodiesel de dendê para a geração elétrica em sistemas isolados da Amazônia. 2008. 224 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento energético) - UFRJ, Rio de Janeiro.

SANTOS, E. A. Dos. **Caracterização de dendezeiros subespontâneos com base na produção de frutos e cachos.** 2010. 74 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - UESC, Ilhéus.

SCHNEIDER, R. C. S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino.** 2003. 205 p. Tese (Doutorado em Química)- UFRGS, Porto Alegre.

SEPTEVANI, A. A.; EVANS, D. A. C.; CHALEAT, C.; MARTIN, D. J.; ANNAMALAI, P. K. A systematic study substituting polyether polyol with palm kernel oil based polyester polyol in rigid polyurethane foam. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p.16–26. 2015.

SHEIL, D.; CASSON, A.; MEIJAARD, E.; VAN NOORDWIJK, M.; GASKELL, J.; SUNDERLAND-GROVES, J.; WERTZ, K.; KANNINEN, M. **The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: what do we know and what do we need to know?** Occasional Paper, n. 51, Bogor: CIFOR. 2009, 80 p.

SILVA, F. A. M. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22 n. 1, p. 94-103. 1999.

SOISSONS, M. A burning issue: the social and environmental effects of palm oil in food production. **The Food Bugle Journal**, 2012. Disponível em: <<http://thefoodiebugle.com/article/cooks/a-burning-issue-the-social-and-environmental-effects-of-palm-oil-in-food-pr>>. Acesso em: 15 out. 2014.

SOUZA, J. **Dendê**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/dende.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

SQUILASSI, M. G. **Interação de genótipos com ambientes**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2003, 47p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2003/Livro_GXE.pdf>. Acesso em: fev. 2015.

SURRE, C.; ZILLER, R. **La palmera de aceite**. Barcelona: Coleccion Agricultura Tropical, 1969, 231 p.

TANDY, D. C. **Oilseed extraction**. In: WAN, P. J. Introduction to fats and oils technology. Champaign: American il Chemists' Society, 1991.

TELES, D. A. A. **Características físicas e rendimento mensal em óleo de cachos de duas cultivares de dendezeiro cultivadas, sob irrigação, no Cerrado do Distrito Federal**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- UnB, Brasília.

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; FURLAN JÚNIOR, J. Abordagem sobre o estado atual das pesquisas para a identificação do agente causal do amarelecimento fatal do dendezeiro. In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; SANTOS, I. P. **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. p. 439-450.

TURNER, E.C.; SNADDON, J.L.; EWERS, R.M.; FAYLE, T.M.; FOSTERS, W.A. The impact of oil palm expansion on environmental change: putting conservation researching context. **In Tech**, p. 19-40. 2011.

TYE, Y. Y.; LEE, K. T.; WAN ABDULLAH, W. N.; LEH, C. P. Second-generation bioethanol as a sustainable energy source in Malaysia transportation sector: status potential and future prospects. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, v. 15, p. 4521–4536. 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service – **Oilseeds: world market and trade**, 2014. Disponível em <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

VALOIS, C. C. A.; **Possibilidades da cultura do dendê na Amazônia**. Brasília: CENARGEN, 1997, 7 p. (Comunicado Técnico19).

VENTURIERI, A. *et al.* Relação entre ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e variáveis ambientais no Estado do Pará. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte, 2009. p. 523-530.

VINCENT, C. J. SHAMSUDIN, R.; BAHARUDDIN, A. S. Pre-treatment of oil palm fruits: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 143, p. 123-131. 2014.

VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 44 p.

CAPÍTULO 2

Avaliação do método modificado de extração de óleo de palma

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito do método de extração e suas modificações, sobre o teor de óleo de palma, visando à eficiência do processo de extração do óleo, foram realizadas avaliações de variáveis, tais como: diferentes tempos de extração, a influência da umidade relativa do ar no peso do óleo, forma de secagem (estufa e forno micro-ondas) e do tamanho de partículas no teor de óleo. O óleo foi extraído via Soxhlet com solvente hexano. A massa de óleo obtida foi determinada por diferença do peso final e peso inicial do balão. Os resultados mostram que não houve diferença significativa no teor de óleo em diferentes tempos, e o óleo não absorveu umidade no processo de pesagem. O tamanho da partícula influencia significativamente no teor de óleo extraído. O peneiramento da amostra e a utilização do tempo de 2 horas na extração são importantes na eficácia do método utilizado, assim como o não uso do dessecador e a secagem em micro-ondas diminuem os custos.

Palavras-chave: *Elaeis guineensis*, otimização, custos, extração de óleo

Evaluation of modified method of palm oil extraction

ABSTRACT

With the objective to evaluate the effect of extraction method on the content of palm oil and its modifications for the efficiency of the extraction process. Reviews of many variables as different extraction times, the influence of relative humidity on the weight of oil and the influence of particle size on oil content were performed. The oil was extracted with hexane via Soxhlet solvent. The obtained oil mass was determined by difference less the final weight initial weight of the flask. The results show no significant difference in oil content at different times, and not absorbed moisture in the weighing process. Particle size significantly influences the content of oil extracted. The screening of the sample and the

use of the 2-hour time are important in the extraction efficiency of the method, as well as not using a desiccator reduces costs.

Key words: *Elaeis guineensis*, optimization, costs, oil extraction

1. INTRODUÇÃO

A extração de óleos vegetais é uma prática importante na indústria de óleos e o aperfeiçoamento deste processo reflete diretamente nos processos industriais com o barateamento e diminuição do tempo na realização dos processos (CAMPOS, 2009).

Para avaliar diversos lotes de palma de óleo que chegam à indústria diariamente, é necessário que o processo de determinação do óleo das amostras seja rápida para não interferir nos processos subsequentes da indústria. O teor de óleo é o fator de determinação do preço da palma de óleo a ser pago para o produtor (VINCENT; SHAMSUDIN; BAHARUDDIN, 2014).

Os cachos com frutos frescos devem ser beneficiados o mais rápido possível após serem colhidos. A colheita e coleta dos cachos são realizadas de forma a garantir uma máxima quantidade de óleo de boa qualidade, sendo que os cachos colhidos e os frutos destacados sejam transportados para a usina no máximo até 24 horas após a colheita para se evitar um aumento na acidez do óleo, o que pode inviabilizar o uso do óleo tanto para fins alimentícios, quanto energéticos (CORLEY; TINKER, 2003). Por esse motivo, a redução do tempo dos testes preliminares é importante na agroindústria da palma de óleo.

Para que sejam atendidas às necessidades da indústria e diminuir o tempo de realização dos processos é necessário que sejam realizados estudos para desenvolvimento de métodos práticos mais eficazes para extração do óleo. Um dos aparelhos que é amplamente utilizado para extração de óleo é o extrator Soxhlet (CASTRO; PRIEGO-CAPOTE, 2010).

O primeiro aparelho para extração de lipídeos em laboratório foi proposto por Franz Ritter von Soxhlet em 1879, cuja intenção era determinar o teor de gordura do leite. Esta invenção é a mais amplamente utilizada na atualidade para determinação de lipídeos em diversas matrizes graxas. Isso porque consiste em uma metodologia muito simples que não requer treinamento especializado e que possibilita a extração de uma quantidade maior de óleo em relação a outros métodos (JENSON, 2007).

A utilização do Soxhlet permite que a extração seja realizada em pouco tempo dependendo do solvente utilizado, pois possibilita que o soluto fique sempre em contato com o solvente, facilitando o processo de extração de óleo. Outra vantagem deste processo é a temperatura do sistema que se mantém relativamente alta, visto que o calor aplicado para o processo de evaporação é constante e isto aumenta o fluxo do solvente realizando maiores refluxos no aparelho Soxhlet (LUQUE DE CASTRO; GARCÍA AYUSO, 1998; ARAÚJO, 2004; MELECCHI, 2005; CASTRO; PRIEGO-CAPOTE, 2010).

Na extração de óleo, a secagem de grãos e frutos é uma prática usual que facilita o processo no que diz respeito ao contato entre o solvente e o soluto (óleo) a ser extraído, resultando em maiores rendimentos (TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004).

O método desenvolvido por Soxhlet ressaltou a importância do grau de trituração da amostra quanto à duração e eficácia do processo. No processo de liberação extrativa, levam-se em conta três etapas principais: a penetração do solvente no tecido; a formação de uma miscela intracelular e, a difusão do extrato na miscela externa (BRUM; ARRUDA; REGITANO D' ARCE, 2009). Com a trituração e peneiramento da amostra, as partículas ficam mais propensas à entrada do solvente por possuir maior superfície específica e ter sido retirada a barreira física que impede a entrada do solvente na amostra (MOURA *et al.*, 2005; NORIEGA *et al.*, 2005).

Visando a eficiência e redução de custos na extração de óleo, este trabalho teve como objetivos, otimizar o processo de extração de óleo por solvente, testar o efeito da granulometria e do tempo de extração de óleo de palma via Soxhlet, bem como formular um protocolo com um método de extração mais barato focado na indústria de palma de óleo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e delineamento experimental

O estudo foi realizado com frutos coletados do experimento composto por quatro cultivares de palma de óleo conduzido pela Embrapa, no município de Porto Nacional, TO (10° 29' 02" de latitude sul e 48° 20' 05" de longitude oeste).

O experimento foi conduzido no período de 2006 a 2014, sendo irrigado pelo sistema de microaspersão, em solo da região é do tipo Latossolo Amarelo-vermelho.

O experimento foi constituído de quatro cultivares de palma de óleo (BRS C 2528, BRS C 2501, BRS C 2001, BRS C 2301) em delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições.

O clima da região segundo classificação de Köppen é do tipo Aw. Porto Nacional apresenta um clima tipicamente tropical, marcado pelo regime sazonal das chuvas e altas temperaturas ao longo de todo o ano. O calor se acentua em decorrência da baixa latitude, somada às baixas altitudes existentes na localidade. Sendo assim, a temperatura média anual é de 26,1°C, com médias mensais variando de 25,3°C (em junho e julho) a 28°C (em setembro). A umidade do ar média atinge 84% (em fevereiro e março), porém decai para 50% em agosto, atingindo frequentemente valores absolutos críticos no período de estiagem (abaixo de 30%). A precipitação, com média anual de 1661 mm, se concentra na primavera-verão (outubro a março), sendo o outono-inverno (abril a setembro) normalmente seco (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009; PINTO; SILVA; SOUZA, 2010; PINTO, 2010).

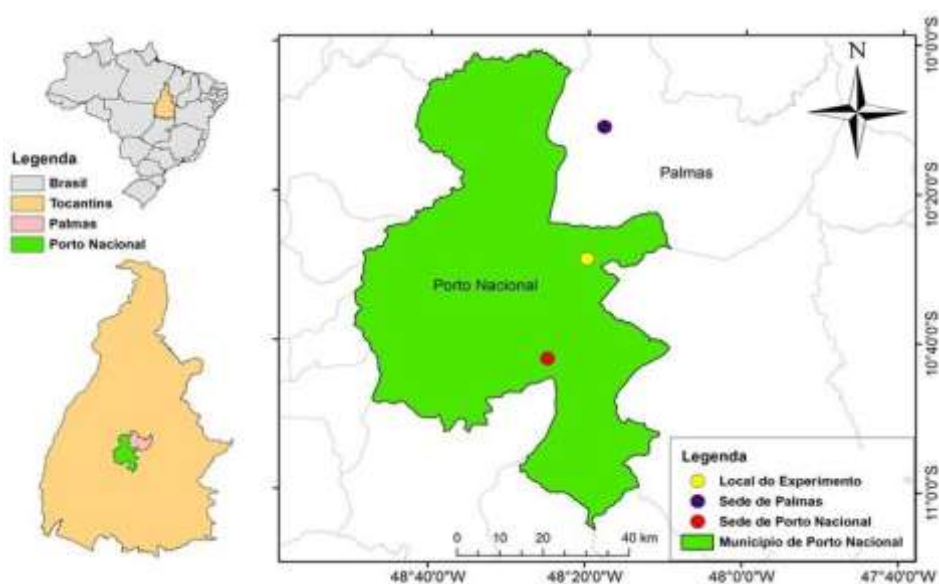


Figura 1: Localização do experimento de dendê onde coletou-se os frutos para extração do óleo.

2.2. Etapas desenvolvidas no trabalho

As etapas executadas neste trabalho estão apresentadas no fluxograma observado na Figura 2.

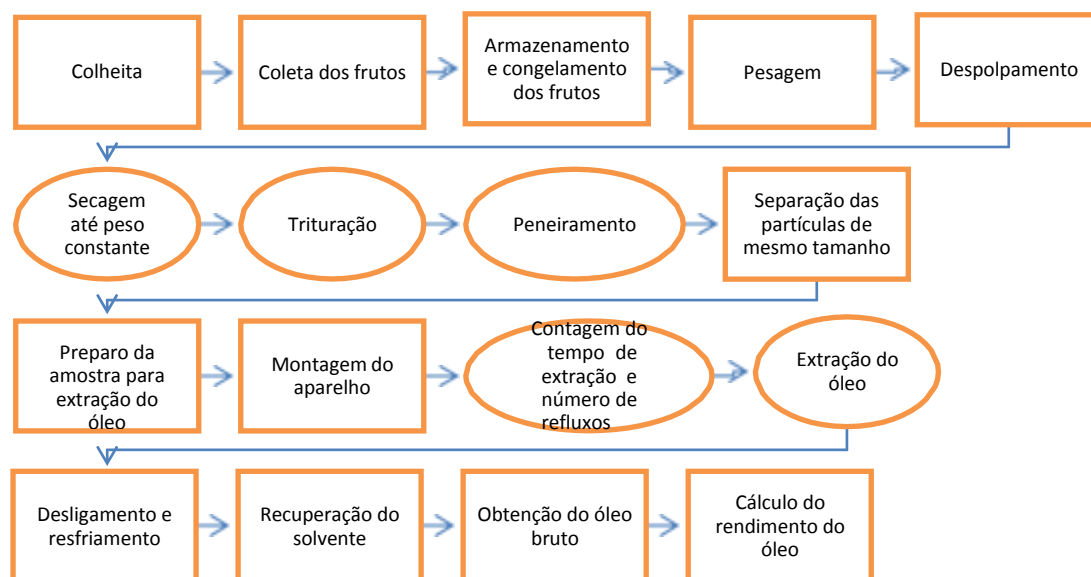


Figura 2: Fluxograma mostrando as etapas para extração de óleo por Soxhlet, com otimização do processo.

Etapas marcadas com borda oval foram modificadas neste trabalho

2.2.1. Coleta dos frutos no campo ao pré-preparo da amostra

Os cachos de palma de óleo maduros foram colhidos e pesados para determinação do peso do cacho. Após a pesagem dos cachos os mesmos foram despencados e selecionados três pencas do ápice, três do meio e três da base do cacho para garantir a homogeneidade da amostra, visto que, os frutos possuem tamanhos e grau de maturidade diferentes dependendo de sua localização no cacho (Figura 3).

Os frutos foram separados do engaço, limpos e pesados no laboratório para a determinação do peso dos frutos, após a pesagem, as amostras foram identificadas e armazenadas no freezer para manter suas características físico-químicas.

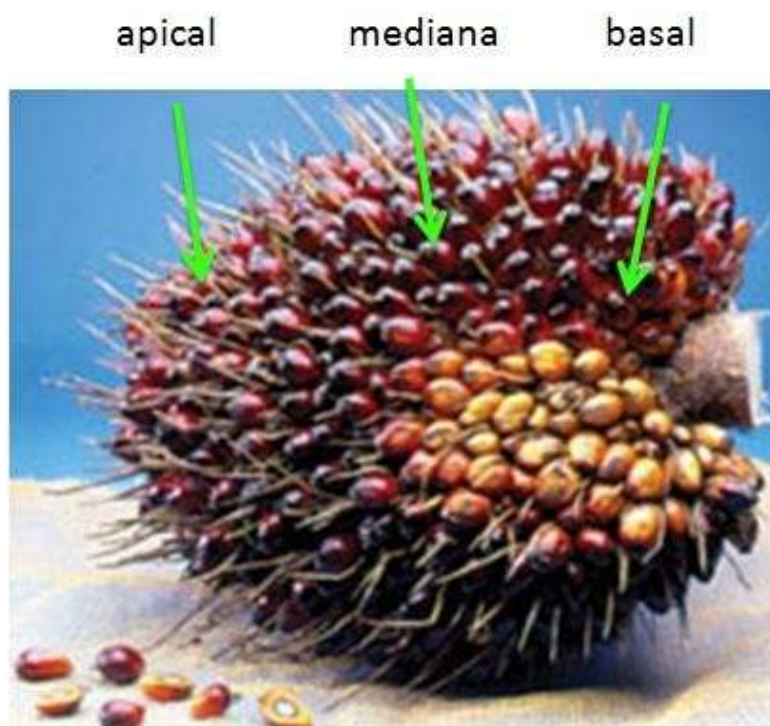


Figura 3: Cachos de palma de óleo, mostrando sua divisão em 3 partes (apical, mediana e basal)

2.2.2. Preparo da amostra para extração de óleo

No laboratório, a polpa dos frutos foi retirada com auxílio de uma faca. Em seguida a polpa foi pesada e levada para secagem em estufa a 60° C até obter peso constante. Após a secagem, as amostras foram embaladas em sacos plásticos herméticos, identificados e armazenados em freezer.

A polpa seca foi triturada para facilitar a penetração do solvente e obter melhor extração do óleo. A amostra triturada foi levada à estufa um dia antes da extração para pré-secagem, até obter o peso constante. Após este processo, a polpa foi pesada, acondicionada no cartucho e foi transferida para o aparelho de extração Soxhlet.

Parte da amostra foi triturada em liquidificador e levada para o tamisador com peneiras, contendo 6 diferentes aberturas para se obter as granulometrias e determinar os tamanhos das partículas da amostra utilizado na extração de óleo (Figura 4).

O tamizador com a amostra foi submetido a vibrações por 15 minutos. Após esse tempo, as amostras obtidas em cada peneira foram pesadas e armazenadas separadamente de acordo com o tamanho de partícula obtido.

O tamizador utilizado na análise granulométrica foi composto por seis peneiras de mesh 5, 10, 28, 42, 100 e 270 correspondendo, respectivamente, a abertura da peneira a 4; 1,7; 0,6; 0,355; 0,15 e 0,53 mm. Estes diâmetros de abertura da peneira foi o que determinou o tamanho da partícula liberado por cada peneira, após a agitação.



Figura 4: Peneiramento para separação de partículas por tamanho em tamizador (Foto: Adriana Borges)

2.2.3. Extração do óleo

Utilizando o Soxhlet, cerca de 5 gramas de polpa de palma foram colocados em um cartucho e alimentado em um extrator com 50 ml de hexano. Em um balão de 250ml foram colocados 120 ml de solvente, totalizando 170 ml, que foi aquecido por uma manta, permanecendo sob refluxo contínuo.

Depois da extração completa do óleo, o aparelho foi desligado e o balão contendo o óleo e o solvente foi levado para um rotaevaporador e após evaporação e recuperação do hexano o balão contendo óleo e resquícios de solvente foi levado para a estufa para evaporação final do hexano e pesados periodicamente até peso constante.

Após todo o processo de pesagem e evaporação do hexano, todo o óleo obtido foi armazenado em um frasco em vidro âmbar para utilização em análises físico-químicas posteriores, o óleo foi mantido refrigerado.



Figura 5: A. Extração de óleo da polpa de dendê via Soxhlet com solvente hexano e B. recuperação do solvente no evaporador rotativo (Foto: Adriana Borges)

2.3. Avaliação dos parâmetros dos métodos

Neste trabalho foram avaliados diversos parâmetros do método visando à otimização do custo e do tempo de extração de óleo. Para isso foram realizados os seguintes testes:

- a) Teste de secagem da amostra;
- b) Teste do efeito da granulometria;
- c) Teste do efeito do tempo de extração;
- d) Teste do efeito da massa da amostra na extração do óleo;
- e) Teste de higroscopicidade.

2.3.1. Teste de secagem da polpa

Para a realização deste teste, utilizou-se duas formas de secagem da polpa, secagem em estufa e em micro-ondas doméstico.

A secagem em estufa foi realizada a 60 °C, até a amostra obter peso constante. Já a secagem foi em forno micro-ondas doméstico, a polpa foi seca até obter peso constante.

As amostras secas em estufa e em forno micro-ondas foram submetidas à extração via Soxhlet, em duplicata.

Após a recuperação do solvente no evaporador rotativo, o óleo obtido pela polpa seca em micro-ondas foi levado ao micro-ondas para evaporação dos resquícios do solvente. E o óleo obtido da polpa seca em estufa foi levado para evaporação dos resquícios de solvente em estufa.

2.3.2 Teste do efeito da granulometria

Quanto à avaliação do efeito da granulometria no teor de óleo extraído, foram realizadas extrações via Soxhlet de amostras das 4 granulometrias obtidas no peneiramento e também a amostra de polpa sem triturar e a amostra triturada sem peneiramento.

2.3.3. Teste do tempo de extração de óleo

Para avaliar o efeito do tempo de extração no teor de óleo via Soxhlet, foram realizadas extrações de óleo de palma em 6 tempos de extração com solvente hexano. Para este processo de extração foi considerado como uma variável, o tempo que a amostra permaneceu em contato com o solvente adotando-se como variável os tempos de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas de refluxos contínuos.

Avaliou-se o número de refluxos em função do tempo. Ao atingir cada tempo determinado de extração, o aparelho Soxhlet foi desligado e realizou-se a recuperação da maior parte do hexano, por evaporação/condensação.

2.3.4. Teste da extração de óleo com diferentes massas de amostra

Para determinação dos teores de óleo em diferentes massas de amostra de polpa de palma, foram realizadas extrações de óleo via Soxhlet e neste processo foram utilizadas amostras de 5, 10, 15 e 20 gramas. Estas foram pesadas em balança analítica, colocadas em cartuchos e levados para o extrator Soxhlet com solvente hexano para extração do óleo com 8 refluxos. O aparelho foi desligado e após evaporação do hexano e obtenção de peso constante, determinou-se o teor de óleo em função da massa da amostra de polpa.

2.3.5. Teste de higroscopicidade

Da amostra com granulometria de 0,6 mm, foram pesadas 5 gramas e colocadas em cartuchos de papel filtro. Submetidas a 8 refluxos em cerca de 2 horas, o Soxhlet foi desligado e após o resfriamento, o hexano foi evaporado. Os balões com óleo para serem pesados foram retirados da estufa e levados para a capela de exaustão por 5 minutos, para resfriamento sem uso do dessecador e após resfriamento foram levados para a bancada para serem pesados em balança analítica. O tempo de pesagem das amostras foi de 1 minuto e sempre que ocorreram as pesagens, foram anotadas a umidade relativa do ar e a temperatura do ar no momento da pesagem.

Após obter peso constante, as amostras foram acondicionadas na capela de exaustão em condições ambientais e foram realizadas pesagens de 15 em 15 minutos por 48 horas para se avaliar se o óleo variou seu peso.

2.4. Cálculos e fórmulas

As fórmulas utilizadas para os cálculos do teor de óleo (%) e teor de umidade (%) estão apresentadas pelas equações 1 e 2, respectivamente.

$$\text{Teor de óleo (\%)} = \frac{mOE}{mIAS} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

onde:

mOE: Massa do óleo extraída;

mIAS: Massa inicial da amostra (antes da extração).

$$\text{Teor de umidade (\%)} = \frac{mU}{mIAS} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Exemplo: Teor de umidade = 33,5%

2.5. Análises estatísticas

Com os dados do teor de óleo realizou-se a análise de variância (ANOVA) para as condições de tempo de extração, efeito da granulometria e teor de umidade.

As médias dessas características foram comparadas, utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma amostra de frutos congelados com peso de 2.280 g foi processada e separada a palha ou bráctea, o mesocarpo ou polpa e o caroço ou semente.

Da separação da amostra foram obtidos 22 g de palha, 324 g de caroço e 1.934 g de polpa que correspondeu, respectivamente, a 0,96%, 14,21% e 84,83% do total.

Nota-se que cerca de 85% do fruto foi composto por polpa, onde se encontra o óleo de palma.

O teor de umidade da polpa foi calculado após a secagem, e o resultado obtido foi de 33,5 % para esta amostra.

Os resultados dos teores de óleo da polpa seca em estufa e micro-ondas, não foram significativos estatisticamente.

3.1. Teste de granulometria

O teor de óleo obtido de diferentes tamanhos granulometrias apresentou diferenças significativas.

O tamanho das partículas em contato com o solvente interfere no teor de óleo extraído. Observou-se que o teor de óleo aumenta com a diminuição do tamanho da partícula utilizada na extração de óleo por solvente.

A avaliação granulométrica do material moído é uma etapa importante da padronização, pois representa uma influência direta sobre a eficiência no processo extrativo.

A quantidade média de óleo obtida na mistura de granulometria de 4 e 1,7 mm foi de 3,56 g, que diferiu estatisticamente das quantidades de óleo extraído com os tamanhos de partícula de 4 e 1,7mm separadamente, que foram de 3,03 g e 3,68 g, respectivamente (Tabela 1). Observou-se que houve um aumento na quantidade de óleo utilizando a mistura 1:1 em relação à amostra de 4 mm.

Tabela 1. Peneiras utilizadas e quantidade média de óleo obtida a partir de 6 granulometrias via Soxhlet, com solvente hexano, amostra de 5 g

Granulometria (mm)	% de polpa/granulometria	Massa de óleo (g) ¹	% de óleo
>4	9,35	0,93 d	18,2 d
4	55,14	3,03 c	61,6 c
1,7	26,17	3,68 a	73,2 a
0,6	0,93	3,65 ab	73,8 ab
Amostra sem peneirar	Não se aplica	3,46 b	65,2 b
Amostra sem triturar	Não se aplica	0,43 e	8,8 e

¹Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

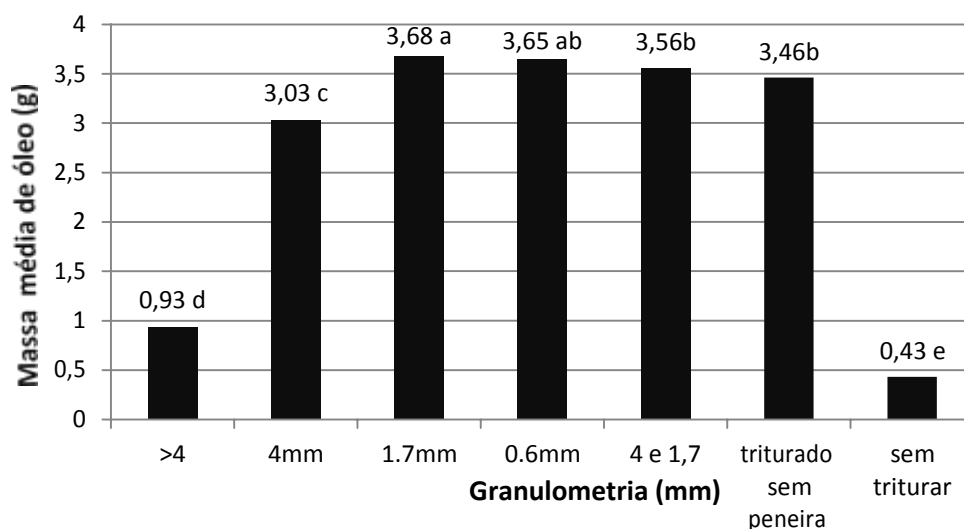
Os valores de teor de óleo de granulometrias >4, 4, 1,7 e 0,6 mm; mistura sem peneirar e sem triturar foram significativos, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. O CV calculado de 3,03% comprova o nível de confiabilidade dos dados.

Os valores de granulometrias de 1,7 e 0,6 mm e a mistura das granulometrias de 1,7 e 0,6 mm não tiveram diferença estatística significativa entre si (Figura 7). Foi definida a utilização da mistura das partículas de tamanhos 1,7 e 4 mm na proporção 1:1, pois eram

as partículas de maiores quantidades da amostra após peneiramento, correspondendo a cerca de 80% da amostra total.

Quando utilizou-se a amostra de polpa sem triturar, foi obtido um peso de óleo de apenas 0,43 gramas e com a utilização de partículas de tamanhos menores observou-se que a quantidade de óleo extraída teve uma tendência ao aumento, sendo obtido o maior valor de 3,68 gramas de óleo com a granulometria intermediária de 1,7mm. A maior superfície específica das partículas de menores tamanhos sofre maior ação do solvente e quanto maior for o contato do solvente com a amostra maior quantidade de óleo é extraído em um menor tempo.

O efeito da granulometria na massa de óleo extraída da palma acrescida da mistura de dois tamanhos de partículas (4 e 1,7 mm) está apresentado na Figura 7.



*Médias seguidas da mesma letra não foram significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7: Efeito do tamanho de partículas de polpa de palma de óleo e efeito da mistura de 4 e 1,7 mm na massa de óleo extraída via Soxhlet, Palmas –TO, 03 de novembro de 2014

A mistura de dois tamanhos de partículas 4 e 1,7 mm na proporção 1:1, produziu um acréscimo na quantidade de óleo obtida quando comparado às massas de óleo das partículas utilizadas separadamente na extração. As amostras de polpa sem triturar e com granulometria maior que 4mm, com médias de 0,43 e 0,93 g, respectivamente, foram as menores médias obtidas e diferiram estatisticamente das granulometrias intermediárias de tamanhos de 4 a 0,6 mm.

A diminuição do tamanho de partículas dos frutos de jamelão (*S. cumini*) permitiu rendimento satisfatório em comparação com o material sem triturar (MIGLIATO *et al.*, 2011). Michielin (2002) definiu que a granulometria das partículas de cavalinha adequada para os ensaios de extração, são as de tamanhos intermediários, pois parte do soluto fica exposto ao solvente facilitando assim a extração. Como os resultados encontrados neste trabalho.

Observou-se que a polpa do fruto da palma triturada provocou um efeito positivo sobre a extração do óleo. Porém, efeito inverso foi observado ao se utilizar polpas inteiras sem triturar (Figura 7), isso porque o contato do solvente nas partículas inteiras é mais difícil, pois há um maior impedimento físico de entrada de solvente no interior destas partículas. Então, recomenda-se triturar. Para efeito prático poderia abrir mão do peneiramento, em função da mínima diferença no teor de óleo, mas de grande ganho de tempo ao excluir a peneira.

3.2. Teste do tempo de extração de óleo

Na análise do efeito do tempo na extração do óleo de palma, os teores de óleo não diferiram estatisticamente com a variação tempo de extração e com a quantidade de refluxos na amostra. O teor de óleo médio obtido foi de 70,47%.

Resultados semelhantes foram obtidos quando Paiva; Rodrigues; Borsato (2011) avaliaram o teor de óleo essencial obtido via Soxhlet, a partir de folhas de aroeira submetidas a diferentes tempos de extração. Observaram que os teores não diferiram estatisticamente nos tempos avaliados, indicando que o período de 3 horas e 30 minutos já seria suficiente para a extração completa, no caso do óleo de aroeira. Contudo, obtiveram um tempo maior do que o encontrado para o óleo de palma neste estudo que atingiu o máximo de extração em duas horas.

A Figura 8 mostra o teor de óleo nos diferentes tempos de extração e número de refluxos via Soxhlet, com solvente hexano.

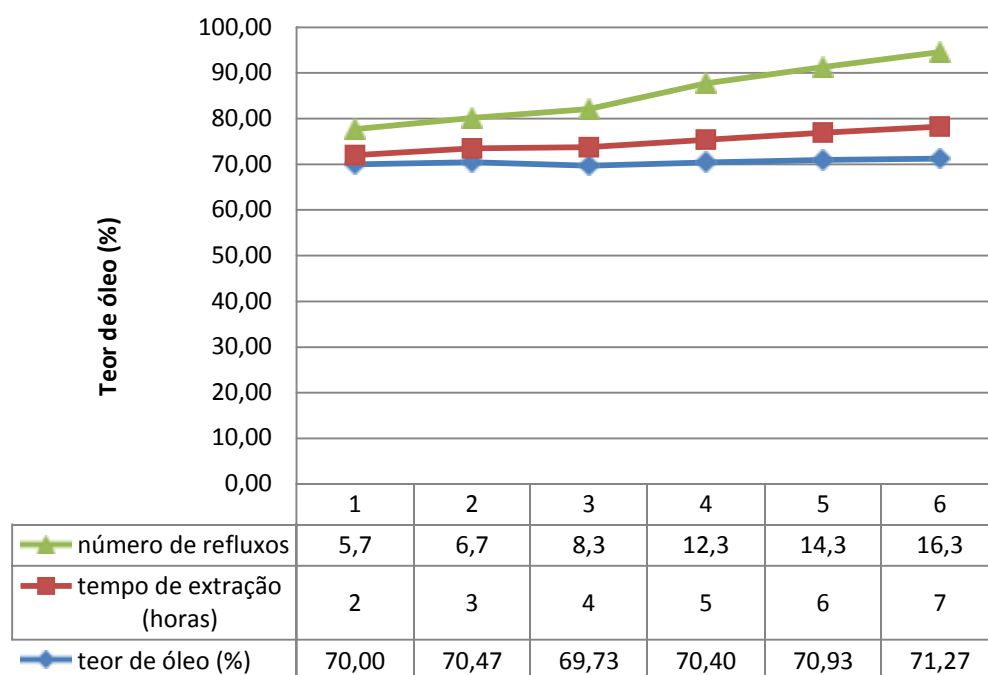


Figura 8: Teor de óleo obtido nos tempos de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas de fluxo contínuo e números de refluxos no extrator Soxhlet, Palmas –TO, 03 de nov. de 2014

Pereira (2009) também não constatou diferença no tempo de extração entre duas e quatro horas, quando foi avaliada a extração do óleo do pinhão-mansão, via Soxhlet, usando como solvente o hexano. Podendo-se indicar que, operacionalmente, o menor tempo de extração é economicamente favorável, já que não houve diferenças nos tempos de extração avaliados.

Porém, Oster (2013) constatou que quanto maior o tempo de extração, mais óleo é extraído do pequi por Soxhlet, resultado oposto ao encontrado neste trabalho.

Resultados diferentes também foram encontrados por diversos autores, onde observaram que o tempo de extração influencia na massa de óleo de sementes de uva e pequi (KAJIHARA *et al.*, 2013; PINTO, 2010). Contudo, os estudos foram feitos até 4 horas de extração e para que seja avaliado o comportamento da extração em diferentes tempos seria necessário a utilização de maiores tempos de extração, para que seja determinado o momento e tempo ótimo de extração de óleo por Soxhlet, que proporcionará a otimização do processo de extração de matérias graxas por solvente.

O tempo de funcionamento do extrator de 8 horas proporcionou uma boa eficiência na extração do óleo do babaçu (SERRANO FILHO *et. al.*, 2011; SERRANO FILHO, 2013). Já Oliveira; Alexandre; Mahmoud (2013) observaram que 4 horas foi suficiente para extrair o máximo de óleo de amêndoa de babaçu. Estas variações no tempo de

extração podem estar relacionadas a outros fatores envolvidos no momento da avaliação, como umidade, tamanho da partícula, temperatura da água para condensação do solvente no extrator (MOURE *et al.*, 2001; TSAO; DENG, 2004).

Observa-se pela Figura 8 que o teor de óleo obtido no processo permanece constante mesmo quando o tempo de extração atinge o máximo de 7 horas em fluxo contínuo.

Para que haja uma economia no tempo de extração pode-se utilizar 6 refluxos contínuos sob a amostra para a extração de óleo via Soxhlet com solvente hexano, nas condições de laboratório trabalhado em Palmas.

Esses resultados confirmam que mesmo a amostra ficando em contato com o solvente por maior tempo, o teor de óleo será constante e pode-se utilizar o menor tempo encontrado para aprimorar o processo e diminuir os custos de extração.

3.3. Teste de extração de diferentes massas de amostra

Não houve diferença significativa na massa de óleo extraída de 4 diferentes massas de amostra.

Os resultados de teores de óleo de palma obtidos com diferentes massas e diferentes tempos foram constantes e com médias de 71,20; 72,75; 72,93; 72,75 % (m/m), respectivamente.

Esse teste também mostrou que os pesos do óleo obtido foram crescentes e lineares, observando o efeito da granulometria utilizada que foi de 4 mm.

Na Figura 9 estão apresentadas teor de óleo em diferentes massas.

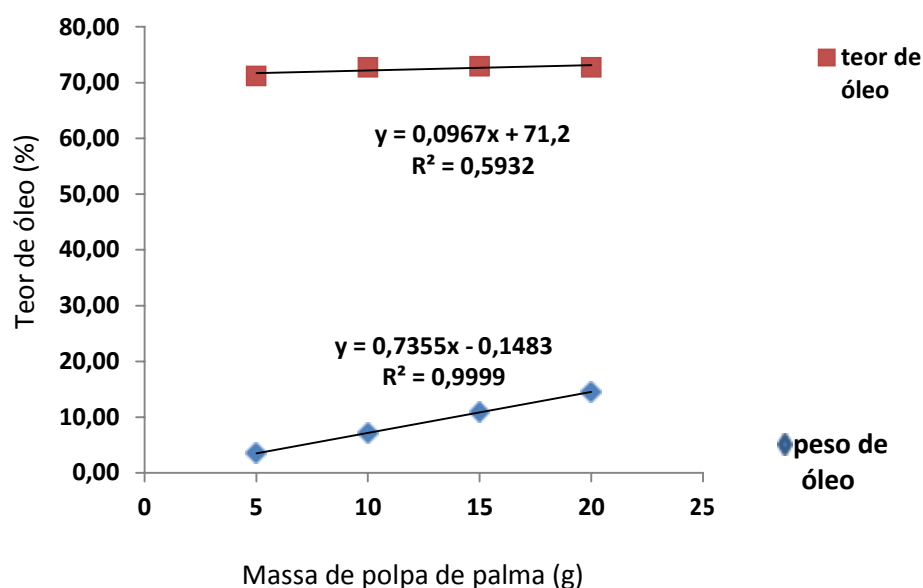


Figura 9: Teor de óleo e massa de óleo obtida por extração via Soxhlet, com amostras de polpa de palma de óleo com granulometria de 4mm e massa de 5, 10, 15 e 20 g, Palmas –TO, 03 de novembro de 2014

A Figura 9 mostra uma linearidade no teor de óleo, demonstrando que independente da massa utilizada da mesma matéria-prima, o teor de óleo não tem variação. Mostra também uma relação linear entre massa de amostra e massa de óleo obtida. Isso também é o esperado, pois deve-se ter uma relação diretamente proporcional entre a massa de amostra e de óleo por ser a mesma matéria-prima.

Este teste demonstra que independente da massa utilizada o teor de óleo será o mesmo e a massa de óleo que se quer obter depende da finalidade do óleo obtido. Esta linearidade é devido a utilização de partículas com mesma granulometria o que proporciona uma regularidade na quantidade de óleo extraída.

Se não for utilizar para outras avaliações a massa de 5 gramas de amostra é suficiente. A palma de óleo possui um alto teor de óleo, sendo que cerca de 70% do mesocarpio é composto de óleo.

3.4. Teste de higroscopicidade

A temperatura e umidade relativa médias no local da pesagem foi de 21,86 °C e 33%, respectivamente. Os fatores climáticos são altamente influenciáveis no teor de umidade de uma determinada amostra, auxiliando na absorção ou retirada de umidade da amostra (ORDÓÑEZ, 2005).

Pela Tabela 2 constata-se que após diversas pesagens do óleo de palma mantido nas condições ambientais do laboratório, não houve alteração significativa no peso inicial do óleo.

Tabela 2. Média de peso de óleo de palma em diferentes tempos de pesagens mantido em condições ambientais (sem dessecador)

Características		Tempo entre pesagens							
	Repetição	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'	48 h
Peso médio do óleo de palma (g)	1	3,28a	3,28 ^a	3,28a	3,28a	3,28a	3,28a	3,28a	3,28a
	2	3,30a	3,30 ^a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a
	3	3,31a	3,31 ^a	3,31a	3,31a	3,31a	3,31a	3,31a	3,31a
	4	3,37a	3,37 ^a	3,37a	3,37a	3,37a	3,37a	3,37a	3,37a
	5	3,30a	3,30 ^a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a	3,30a
UR % média		35	34	35	33	31	32	33	32
T. média (°C)		23,87	22,88	21,20	22,28	22,13	20,88	20,50	20,00

A afinidade entre a água e os outros componentes (gordura, amido, açúcar, proteínas, etc.) de um produto define sua higroscopicidade (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992).

O peso de óleo médio obtido de 5 gramas de palma de óleo foi de 3,31g. Nas pesagens subsequentes deste óleo mantido em condições ambientais (sem estufa e dessecador), o óleo manteve a mesma massa de 3,31g, mesmo com mais de 24 horas nessas condições não houve alteração da massa deste óleo. Portanto, não observou-se influência da umidade relativa e da temperatura no teste avaliado.

O dessecador é usado com o intuito de evitar que determinada amostra absorva umidade no momento do resfriamento para pesagem posterior. Sem a necessidade deste equipamento o custo de extração pode ser reduzido.

Observou-se que não houve variação na massa de óleo da primeira para a última pesagem, mostrando que não há necessidade do uso do dessecador para evitar que a amostra de palma de óleo absorva umidade nas condições ambientais em que foi realizado o teste.

3.5. Redução de custos e do tempo de extração

A substituição de alguns equipamentos pode fazer grande diferença na otimização do processo de extração de óleo via Soxhlet. Nos testes realizados neste trabalho observou-se que as substituições geraram menores custos e maior eficácia do processo.

Na Tabela 3 observa-se que os custos e tempo de execução das análises laboratoriais tiveram uma redução no processo utilizado neste trabalho, visto que alguns equipamentos que possuem um alto custo foram substituídos ou não foram utilizados. Após realizações de testes para verificação da necessidade do uso de determinados equipamentos e redução do tempo de execução das atividades, foram constatados que não há necessidade do uso de alguns equipamentos no processo laboratorial de extração de óleo por solvente, como visto anteriormente.

A diminuição do tamanho das partículas foi feita com o uso do liquidificador que consegue triturar a polpa de palma de óleo em 5 minutos. Por ser um aparelho de baixo preço e alta eficiência pode ser utilizado para no processo de quebra de partículas. Comparando com o moinho que normalmente é utilizado neste processo o custo diminui, pois o moinho é um equipamento de alto custo.

No teste realizado para observar se havia ou não necessidade do uso do dessecador no momento da pesagem da amostra, foi constatado que não houve a necessidade do uso deste equipamento, pois, as amostras pesadas na ausência do dessecador não tiveram variação no peso pela absorção de umidade do ambiente. Com a retirada deste equipamento o gasto com a extração teve uma redução de cerca de R\$ 500,00.

Tabela 3. Equipamentos, tempo de utilização e custos para realizar a extração de óleo via Soxhlet, com solvente hexano, referente a uma batelada com 6 extratores soxhlet funcionando conjuntamente, Palmas –TO, 03 de nov. de 2014

Equipamentos convencionais utilizados em laboratório	Equipamentos utilizados neste trabalho	Processo	Tempo (metodologia usual)	Tempo (metodologia modificada)	Custos usuais (R\$)	Custos modificados neste trabalho (R\$)	Economia (R\$)
Estufa	Micro-ondas	Secagem polpa	24 h	5 min	2.000,00	300,00	1.700,00
Moinho de bancada multiuso	Liquidificador	Trituração da amostra	5 min	5 min	5.919,00	120,00	5.799,00
Dessecador	Ambiente livre	Evitar absorção de umidade	30 min	15 min	500,00	0,00	500,00
Soxhlet	Soxhlet	Extração do óleo	8 h	2 h	0,87	0,10	0,77
Total					8.419,87	420,10	7999,77

Fonte: IAL, 2008

Na secagem do material, a utilização do forno micro-ondas gerou uma redução de cerca de R\$ 1700,00 no custo e uma diminuição de tempo significativa, sendo o processo de secagem realizado em 4 minutos. Em contrapartida o processo de secagem utilizando a estufa atingiu o tempo de 24 horas. Tanto na secagem da polpa como na evaporação do solvente contido na amostra, a realização do processo no forno micro-ondas foi muito mais rápida.

Nos testes com extração de óleo por Soxhlet com solvente hexano observou-se que o tempo de duas horas foi suficiente para extrair o máximo de óleo de palma. Comparando com o tempo de 8 horas sugeridos na metodologia de IAL (2008), o tempo encontrado neste trabalho possui uma vantagem pela maior rapidez da realização do processo extrativo nas indústrias de palma de óleo.

Além da redução dos gastos e do tempo pela substituição de alguns equipamentos, há também uma redução nos gastos de outros recursos como água e energia elétrica que é reduzido seus gastos quando se realiza o processo em menor tempo.

Com a substituição de alguns equipamentos gera-se uma economia e otimização no processo extrativo. Pode-se observar pela Figura 10 que o fluxograma com a metodologia modificada tem-se uma economia no tempo e no custo do processo, e esta economia dos processos industriais podem ser observadas pela obtenção de resultados mais rápidos do teor de óleo do lote analisado e melhorando toda a cadeia de processos laboratoriais de amostragem de óleo de dendê e com isso melhorando o fluxo de lotes de palma que chegam à indústria, principalmente na época da safra quando as agroindústrias de palma operam durante 24 horas contínuas.

A economia total gerada pelas modificações de substituições de equipamentos foi de R\$ 7999,77. Este trabalho demonstra que a extração de óleo de dendê pode ser feita com baixo custo e em menor tempo. O custo total deste trabalho foi de R\$ 420, 10 por 5 gramas de amostra.

O Fluxograma a seguir mostra o método de extração utilizado neste trabalho, com modificações para redução do tempo e custo do processo.

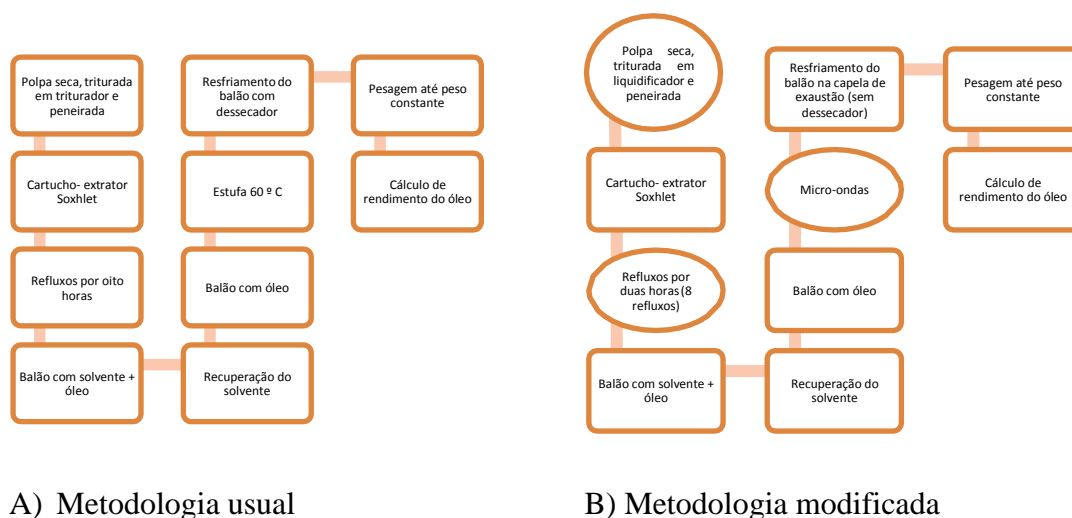


Figura 10: Fluxograma com as etapas de extração de óleo de palma conforme metodologia usual (A) e etapas realizadas neste trabalho com (B) modificações da metodologia usual

4. CONCLUSÕES

O tempo de extração de óleo não influenciou na quantidade de óleo extraído via Soxhlet, neste sentido indica-se o menor tempo de extração, ou seja, 2 horas com 8 refluxos;

O peneiramento é necessário para padronizar a granulometria e garantir extração linear de óleo, não apenas o trituramento. Para análises práticas não é necessário o uso da peneira pela mínima diferença no teor de óleo. Porém, o peneiramento é necessário para uma maior obtenção de óleo.

O não uso do dessecador diminui os custos para realizar a extração de óleo via Soxhlet, com solvente hexano;

O uso do micro-ondas na secagem da amostra proporciona uma otimização do tempo de apenas 5 minutos.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed. Washington, 2002. 38p.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4.ed. Belo Horizonte: Ed. UFV, 2004. 415p.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI Publishing, 1992. 450p.
- BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; REGITANO D'ARCE, M. A. B. Método de extração e qualidade de fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Quim. Nova**, v.32, n. 4, p.849-854. 2009.
- CAMPOS, R. A. **Otimização de método de extração de óleo presente em polpa de abacate**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Química)- UNESP, Araraquara.
- CASTRO, M. D. L.; PRIEGO-CAPOTE, F. Soxhlet extraction: past and present panacea. **Journal of Chromatography A.**, v. 1217, p. 2383-2389. 2010.
- CORLEY, R.H.V.; TINKER, P.B. **The oil palm**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science. 2003. 608 p.
- IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1000 p.
- JENSON, W. B. The origin of the Soxhlet extractor. **J. Chem. Educ.**, n 84, p. 1913-1914. 2007.
- KAJIHARA, V. Y. SAKAMOTO, M. S. C.; MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C. Extração de óleo de semente de uva da variedade bordô por Soxhlet. In: Eletrônico VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar **Anais...** Maringá, 2013. 1-4 p.
- LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, n1/2, p1-10. 1998.
- MELECCHI, M. I. S. **Caracterização química de extratos de *Hibiscus tiliaceus* L: estudo comparativo de métodos de extração**. 2005. 218p. Tese (Doutorado em Química) - UFRGS, Porto Alegre. 2005.
- MICHIELIN, E. M. Z. **Avaliação do processo de extração com fluido supercrítico da oleoresina de cavalinha (*Equisetum arvense*)**. 2002. 105 p. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) – UFSC, Florianópolis. 2002.
- MIGLIATO, K. F. *et al.* Planejamento experimental na otimização da extração dos frutos de *Syzygium Cumini* (L.) Skeels. **Química Nova**, v. 34, n. 4, p.695-699. 2011.

MOURA, T. F. A. L.; VASCONCELOS, E. A. F.; BARBOSA, R. M.; MEDEIROS, M. G. F. Influência do processo extrativo, solvente e tamanho da partícula do material vegetal no teor de sólidos totais da solução extrativa da *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitos**, v. 1, n. 01, p.74-79. 2005.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, p. 145-171. 2001.

MULLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazonia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000.

NORIEGA, P.; RÖPKE, C. D.; CAMILO, C. M.; FREITAS, P. C. D.; BARROS, S. B. M. Avaliação por análise fatorial das condições da extração do 4-nerolidilcatecol de *Pothomorphe umbellata* (L). **Miq. Rev. Bras. Cienc. Farm.**, v.41 n. 2, p.261-269. 2005.

OLIVEIRA, A. I. T.; ALEXANDRE, G. P.; MAHMOUD, T. S. Babaçu (*Orbignya sp*): caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. **BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports**, Número Especial, v. 2, n. 3, p. 126-129. 2013.

ORDOÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

OSTER, V. V. **Influência do tempo de extração e da razão amostra/solvente no processo de extração do óleo do caroço do pequi visando à produção de biodiesel**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado Agroenergia)- UFT, Palmas. 2013.

PAIVA, I. C., RODRIGUES, A. K. C., BORSATO, A. V. Rendimento de óleo essencial de folhas de aroeira em diferentes tempos de extração, umidade e tamanho de partículas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 1-4, dez 2011.

PEREIRA, C. S. S. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L)**. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Química) - UFRRJ, Seropédica. 2009.

PINTO, A. S. **Avaliação do teor do óleo vegetal do pequi (*Caryocar brasiliense*) extraído por solvente e da estimativa da biomassa viva acima do solo no Parque Estadual do Lajeado – Palmas – Tocantins**. 2010. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - UFT, Palmas. 2010.

PINTO, P. H. P.; SILVA, A. A. F.; SOUZA, L. B. Abordagem preliminar sobre a gênese e a dinâmica climática em Porto Nacional – TO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 9, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC; ABCLIMA, 1 CD, 12p. 2010.

PINTO, P. H. P.; SOUZA, L. B. Os aspectos climáticos de Porto Nacional (TO) com base nas Normais Climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. In: SEMANA ACADÊMICA DE GEOGRAFIA, 11, 2010, Porto Nacional. **Anais...** Porto Nacional: UFT, 2010. 1 CD, p.141-153.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (org.) **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009, 8 p.

SERRANO FILHO, R.P.S.; VIEIRA, G.E.G.; REINA, E.; PELUZIO, J.M. Teor de óleo da amêndoa de babaçu (*Orbignya* Sp.) da Região Norte do Estado do Tocantins extraído por solvente (Hexano) em diferentes tempos de funcionamento do extrator de Soxhlet. In: I Seminário de Agroenergia da UFT, 2011, Palmas, **Anais...** Palmas: UFT, 2011.

SERRANO FILHO, R. P. S. **Estudo do uso sustentável do babaçu (*orbignya speciosa*) para produção de biodiesel e implementação do mecanismo REDD+ no estado do Tocantins**. 2013. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia)- UFT, Palmas. 2013.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Isotermas de dessorção das sementes de nabo forrageiro obtidas pelos métodos dinâmico e estático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.216-222. 2013.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 17-23. 2004.

TSAO, R.; DENG, Z. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. **J.Chromatog. B.**, v. 812, p. 85-99. 2004.

[VINCENT](#), C. J. [SHAMSUDIN](#), R.; [BAHARUDDIN](#), A. S. Pre-treatment of oil palm fruits: A review. **[Journal of Food Engineering](#)**, v. [143](#), p. 123-131. 2014.

Avaliação do teor de óleo de palma, em duas épocas de formação do cacho, sob condições de Cerrado irrigado no Tocantins

RESUMO

Para avaliar o desempenho da extração de óleo de quatro cultivares de palma de óleo irrigada em duas épocas de colheita no Cerrado tocantinense, foi realizado o presente trabalho com frutos coletados das distintas cultivares, em duas épocas (seca e chuvosa). Realizou-se extrações de óleo com solvente, via Soxhlet. Os teores de óleo, massa de óleo e teor de umidade não tiveram diferenças significativas entre as quatro cultivares. Em condições de Cerrado irrigado as quatro cultivares se desenvolveram de forma semelhante. Já o teor de óleo e o teor de umidade não foram influenciados pelas épocas seca e chuvosa.

Palavras-chave : *Elaeis guineensis*, influência climática, extração de óleo

Evaluation of the irrigated palm oil content in two seasons cluster formation in soil under Cerrado conditions, Tocantins

ABSTRACT

To evaluate the performance of four irrigated oil palm cultivars oil production in two harvesting times in Tocantins Cerrado, was carried out this work with fruits collected from different cultivars in two seasons (dry and wet). Held oil solvent extraction, Soxhlet means. The oil content, oil mass and moisture content were not significantly different among the four cultivars. In Cerrado conditions irrigated four cultivars developed similarly.

Key words: *Elaeis guineensis*, climatic influence, oil extraction

1. INTRODUÇÃO

As necessidades de uma população mundial crescente e da conservação das florestas tropicais empurraram a fronteira para o cultivo de óleo de palma para áreas consideradas marginais (KOH; WILCOVE, 2007; KOH *et al.*, 2011), criando a necessidade de desenvolver pesquisas de novas variedades em áreas com condições

climáticas extremas como déficit hídrico e baixa umidade relativa (GINGOLD *et al.*, 2012; SAYER *et al.*, 2012).

Estudos em áreas consideradas antes inaptas para o cultivo da palma de óleo vêm sendo desenvolvidos em diversas regiões da América e África, principalmente. No Brasil, a Embrapa possui vários experimentos de palma de óleo em clima de Cerrado para avaliação do comportamento das plantas em condições tão diferentes da região normalmente de cultivo que são regiões de clima quente e úmido, com precipitações anuais acima de 1800 mm (EMBRAPA, 2011).

A principal preocupação é a avaliação da produtividade de óleo de palma cultivados em condições extremas, pois, é o elemento de maior importância para comercialização desta cultura (BASTOS *et al.*, 2001).

A palma de óleo tem sido rentável mesmo quando cultivada em muitas áreas que não possuem as condições ideais para a cultura. As razões são, em primeiro lugar, que a planta é adaptada a um regime climático de chuvas de verão e seca no inverno. Assim, mesmo sofrendo uma diminuição em determinada época do ano, quando a condições voltam a ser favoráveis para a cultura a produtividade aumenta compensando a menor produção do período seco (CORLEY; TINKER, 2003).

O dendezeiro expressa melhor seu potencial de produção em condições de alta temperatura, boa radiação solar, alta precipitação e umidade relativa do ar (TEIXEIRA *et al.*, 2009). As melhores áreas para o cultivo de óleo de palma têm chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Precipitações mensais de cerca de 150 mm são associadas a melhores rendimentos de óleo de palma (HEMPTINNE; FERWERDA, 1961).

Em condições ambientais de déficit hídrico a planta desenvolve a capacidade de abortar algumas das inflorescências em desenvolvimento e mobilizar reservas, causando variações na produtividade ao longo do ano, porém, esse mecanismo ajuda a compensar as taxas fotossintéticas mais baixas causadas pelo fechamento os estômatos (NOUY *et al.*, 1999; CHAVES; OLIVEIRA, 2004; KIJNE, 2006; PASSIOURA, 2007).

A taxa de extração de óleo depende de diversos fatores como material genético da planta, clima do local e práticas de colheita (ROMERO, 2000). O clima é um dos fatores que mais influenciam no desenvolvimento de cachos e nos processos produtivos da palma de óleo (ALVARADO *et al.*, 1998; SILVA, 2006).

Silva (2006) avaliou o teor de óleo de cultivares de palma de óleo no Pará e observou que a taxa de extração de óleo foi em média de 31%. Teles (2014) avaliou o teor de duas cultivares de palma de óleo em condições de Cerrado e obteve teor de óleo

médio de cerca de 30%. Considerando que a taxa média de extração de óleo em cultivos comerciais de palma é de 20% (VIÉGAS; MULLER, 2000), o teor de óleo obtido em trabalhos sob condições de Cerrado foi tido como satisfatório.

Variações pluviométricas anuais refletem na sexualização das flores e na produção dos cachos. A ocorrência de déficits hídricos estimula a formação de inflorescências masculinas e redução de produção de cachos (BASTOS *et al.*, 2001). Destacam ainda que as variações das chuvas afetam a emissão foliar, o número e o peso médio dos cachos e que totais de chuva entre 120 mm e 150 mm, constituem limite mínimo de chuva mensal satisfatório para a produção da palma e que quanto menor é o déficit hídrico, maior é a produção anual de cachos.

No período de formação do cacho a disponibilidade de água é indispensável, pois auxilia no aumento da taxa fotossintética que culmina na fixação de carbono e auxiliará no teor de óleo do fruto (ALVARADO; STERLING, 2003; ALVARADO *et al.*, 2014).

A temperatura influencia no processo de emissão de folhas e no aparecimento do número elevado de cachos por unidade reprodutiva, assim como no teor de óleo nos frutos. Variações pluviométricas anuais refletem na sexualização das flores e na produção dos cachos. A ocorrência de déficits hídricos estimula a formação de inflorescências masculinas e redução de produção de cachos (BASTOS *et al.*, 2001).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o teor de óleo de quatro cultivares de palma irrigada nas épocas seca e chuvosa de formação do cacho em condições de Cerrado Tocantinense.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e delineamento experimental

O estudo foi realizado com frutos coletados do experimento composto por quatro cultivares de palma de óleo conduzido pela Embrapa, no município de Porto Nacional, TO (10° 29' 02" de latitude sul e 48° 20' 05" de longitude oeste). O clima da região segundo classificação de Köppen é do tipo Aw - Clima tropical, com inverno seco. Porto Nacional apresenta um clima tipicamente tropical, marcado pelo regime sazonal das chuvas e altas temperaturas ao longo de todo o ano. O calor se acentua em decorrência da baixa latitude, somada às baixas altitudes existentes na localidade. Sendo assim, a temperatura média anual é de 26,1°C, com médias mensais variando de 25,3°C

(em junho e julho) a 28°C (em setembro). A umidade do ar média atinge 84% (em fevereiro e março), porém decai para 50% em agosto, atingindo frequentemente valores absolutos críticos no período de estiagem (abaixo de 30%). A precipitação, com média anual de 1661 mm, se concentra na primavera-verão (outubro a março), sendo o outono-inverno (abril a setembro) normalmente seco (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009; PINTO; SILVA; SOUZA, 2010; PINTO; SOUZA, 2010).

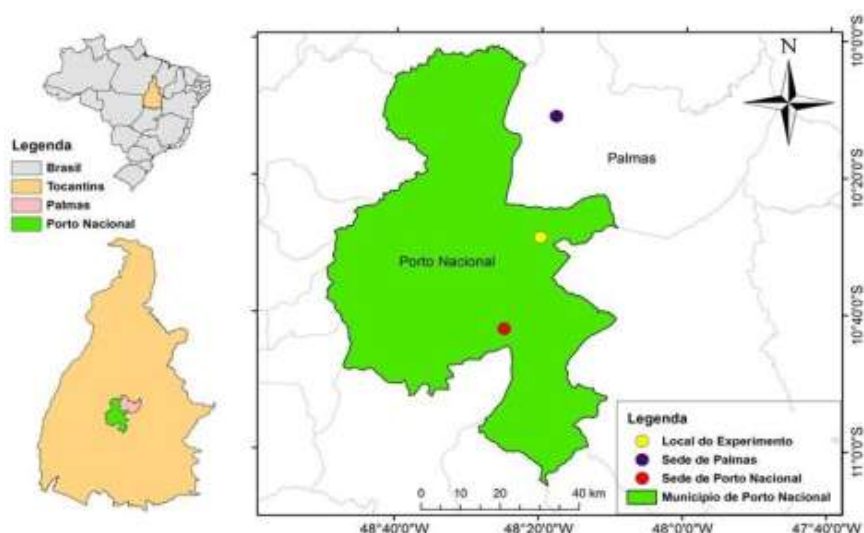


Figura 1: Localização do experimento de dendê onde coletou-se os frutos para extração do óleo

O experimento foi conduzido no período de 2006 a 2014, sendo irrigado pelo sistema de microaspersão. O experimento foi constituído de quatro cultivares de palma de óleo (BRS C 2528, BRS C 2501, BRS C 1001, C BRS 2301) em blocos casualizados, com 4 repetições. Os frutos foram coletados em duas estações: seca (que compreende de maio a setembro) e chuvosa (que compreende de outubro a abril).



Figura 2: Visão geral do experimento com cultivares de palma de óleo (BRS C 2528, BRS C 2501, BRS C 2001, BRS C 2301), em Porto Nacional – TO (Foto: Adriana Borges)

2.1.1. Etapas desenvolvidas no trabalho

Os cachos de palma de óleo maduros foram colhidos das plantas úteis das parcelas e pesados, após a pesagem do cacho o mesmo foi despencado e selecionadas aleatoriamente 3 pencas do ápice, 3 do meio e 3 da base do cacho para garantir a homogeneidade da amostra, visto que, os frutos possuem tamanhos e grau de maturidade diferentes dependendo de sua posição no cacho. Os frutos foram separados do engaço, limpos e pesados, após a pesagem a amostras foram identificadas e armazenadas em freezer.

No laboratório, os frutos de palma de óleo foram pesados, foi retirada a polpa com auxílio de uma faca, a polpa foi pesada e levada para secagem em estufa a 60° C até obter peso constante, após a secagem as amostras foram embaladas em sacos plásticos herméticos, identificados e armazenados em freezer. A polpa seca foi triturada para facilitar a penetração do solvente e obter a extração do óleo. A amostra triturada foi levada à estufa um dia antes da extração para pré-secagem até obter peso constante.

As extrações do óleo das quatro cultivares foram feitas segundo o fluxograma a seguir.

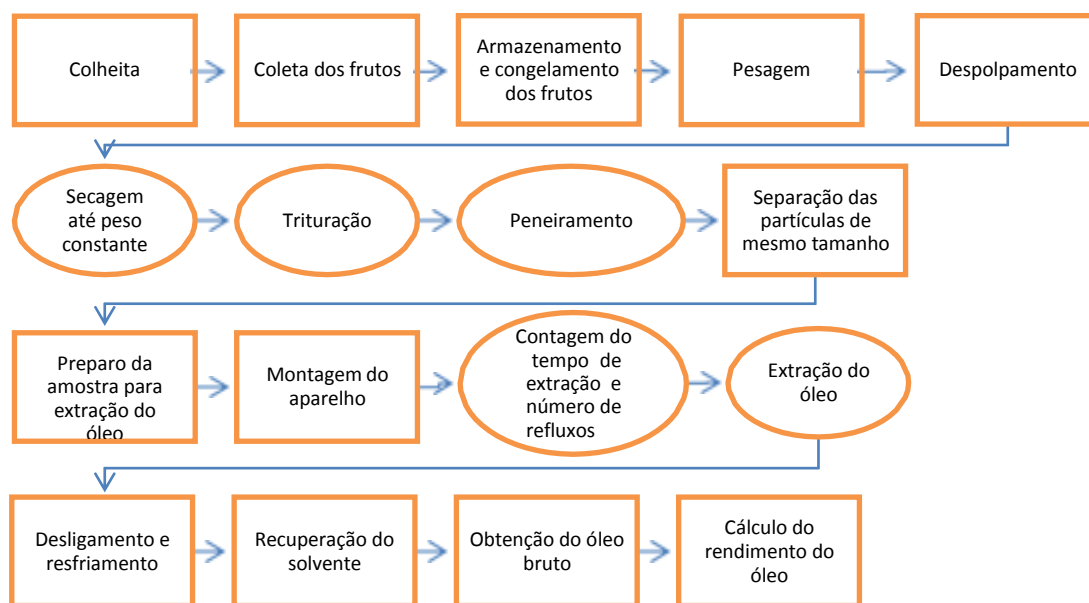


Figura 3: Etapas seguidas para extração de óleo por Soxhlet com otimização do processo.

Tomou-se 15 gramas de polpa de palma em duplicata de cada cultivar pré-tratada (despoldada, seca, triturada e peneirada) na proporção 1:1 da granulometria de 4 e 1,7 mm, para a determinação do teor de óleo. Esta mistura de granulometria foi obtida pelo peneiramento da amostra triturada no tamisador. A extração do óleo de palma foi feita usando solvente analítico hexano (marca Alphatec), em extrator Soxhlet.

Após o preparo dos cartuchos com a polpa os mesmos foram colocados no extrator tipo Soxhlet com 50 ml de hexano acoplado a um condensador e um balão de fundo chato de 250 ml, previamente pesado e identificado, com 130 ml de hexano. Na sequência, as mantas aquecedoras foram ligadas para iniciar o processo de extração. Após o primeiro refluxo, iniciou-se a contagem até completar 8 refluxos e a manta foi desligada para resfriamento do conjunto Soxhlet.

Após resfriamento, os balões contendo a mistura de óleo e hexano foram levados para o evaporador rotativo para recuperação do hexano e separação do óleo. O balão contendo o óleo foi levado à estufa para evaporação de resquícios do solvente hexano até peso constante.

Após a evaporação do hexano foi possível determinar a massa final e o rendimento do óleo extraído.

O delineamento experimental utilizado para as análises laboratoriais foi em inteiramente casualizado, para as análises da interação cultivares *versus* épocas o delineamento foi em parcelas subdivididas.

2.2. Cálculos e equações

Neste trabalho foram utilizadas 15 g de polpa de palma seca, triturada e peneirada. A granulometria utilizada foi a mistura das granulometrias de 4 e 1,7mm na proporção 1:1.

Para os cálculos dos parâmetros avaliados neste trabalho, utilizou-se as seguintes equações:

Os dados de teor de óleo utilizados na discussão deste trabalho foram obtidos em base seca e convertidos em base úmida através da seguinte equação:

a) Massa da amostra em base úmida =

Equação 1

Exemplo: $(15\text{g} + 8,76) = 23,76$ g de amostra úmida

b) Teor de óleo em base úmida sem
caroço= _____) **Equação 2**

Exemplo: $[(9,18 \times 100) / 23,76] = 38,63$ % de óleo na amostra

c) Teor de óleo de base seca

Teor de óleo (%) _____ **Equação 3**

Onde:

mOE: Massa do óleo extraída em g;

mIAS: Massa inicial da amostra de polpa (antes da extração) em g.

d) Teor de óleo de base úmida **Equação 4**

Massa de óleo = (_____)

Onde: peso úmido do óleo = peso do óleo em base seca mais o teor de umidade da amostra

e) Massa de óleo em g (MO)

MO =

Equação 5

Os dados de teor de umidade, teor de óleo, massa de óleo foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros climáticos observados nas regiões de cultivo comercial da palma de óleo no Estado do Pará (Amazônia) servem de referência para outras regiões do país. A Tabela 1 compara as condições médias de clima observadas na área experimental localizada em Porto Nacional, no Estado do Tocantins (Cerrado) com a Amazônia.

As características climáticas do Cerrado podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2.

Os valores médios dos parâmetros climáticos observados para as condições do Cerrado tocaninense descritos na Tabela 1 são próximos aos valores de referência para a cultura, que são aqueles referentes às condições climáticas da Amazônia.

Apenas a umidade relativa média do ar no Cerrado (68%), foi inferior aos valores de referência.

Tabela 1. Parâmetros climáticos observados para as regiões de cultivo da palma de óleo no Estado do Pará (Amazônia) e as condições médias observadas na área experimental localizada em Porto Nacional, no Estado do Tocantins (Cerrado), Porto Nacional- TO

Parâmetros climáticos	Condições médias no Pará (Amazônia)	Condições médias no Tocantins (Cerrado) ¹
Precipitação mensal (mm)	>100	0-200 ²
Temperatura máx. (°C)	28-34	34
Temperatura mín. (°C)	21-23	22
Temperatura média (°C)	25-28	27
Umidade relativa (%)	80-90	68
Insolação (h/mês)	>120	616

¹Condições referentes às médias mensais consolidadas em 10 anos no Tocantins

²A precipitação mensal média dependendo da região, pode variar de mais de 200mm até 3mm. Isso acontece devido à ocorrência de chuvas concentradas em um período (chuvoso) e no outro (seco), quase não há precipitação

Fonte: adaptado de SILVA (2006); INMET (2014)

Nota-se que mesmo o índice pluviométrico estando dentro da faixa de referência, no Cerrado o ciclo de chuva é concentrado em apenas um período do ano, contudo ocorre também um período de seis meses de seca. Já nas regiões de floresta a precipitação ocorre em quase todos os meses do ano, com no máximo três meses de seca.

A precipitação em condições de Cerrado também varia muito em relação ao ambiente Amazônico, pois, em alguns meses do ano não ocorre chuvas e a precipitação fica muito abaixo das exigências da cultura da palma de óleo (Tabela 2).

O bioma Cerrado possui como característica dominante o ciclo das águas específico, com um regime pluviométrico de seis meses de muita chuva e seis meses de seca. As plantas perenes deste bioma criaram mecanismos de adaptação e sobrevivência às condições adversas (IBGE, 2004; COUTINHO, 2006; BOMBARDI; CARVALHO, 2008). Um dos mecanismos é a diminuição da atividade fotossintética, reduzindo o metabolismo e com isso, reduzindo a taxa reprodutiva (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Tabela 2. Características climáticas do município de Porto Nacional – TO

Mês	¹ T (°C)	¹ T _{máx} (°C)	¹ T _{mín.} (°C)	¹ UR (%)	¹ ET0 (mm)	¹ Prec. (mm)	² Prec. (mm)	¹ Veloc. Vento (m.s ⁻²)	² Radiação global (MJ.m ⁻²)
jan	26,77	32,31	23,12	80,42	161,10	268,85	249,40	3,97	592,44
fev	26,25	31,78	22,93	82,54	136,16	286,77	262,43	4,74	529,51
mar	26,48	32,04	23,08	82,25	159,40	283,55	251,76	3,87	571,78
abr	27,22	33,02	23,35	79,04	154,02	165,41	154,32	3,67	589,33
mai	27,51	33,89	22,60	72,01	156,32	61,28	45,72	3,46	633,09
jun	26,75	34,71	20,54	62,26	152,53	3,06	5,24	3,05	617,33
jul	26,86	35,46	20,05	54,74	147,63	0,04	3,12	3,26	671,67
ago	28,23	37,04	20,89	45,71	165,31	3,07	4,81	4,04	715,07
set	29,61	37,59	23,15	47,41	200,27	31,14	44,09	4,38	641,33
out	28,74	35,36	23,95	65,00	195,38	102,17	149,95	4,42	632,40
nov	27,56	33,34	23,47	76,01	160,54	176,44	201,24	4,42	608,00
dez	27,03	32,65	23,29	78,18	174,81	207,09	252,56	5,01	595,20

¹Dados de 10 anos (2003 a 2013); ²Dados de 51 anos (1961 a 2012)

Fonte: INMET (2014); BDMEP (2014).

A disponibilidade de água no solo fica dificultada e plantas como a palma de óleo modificam a zona da raiz para que ocorra a absorção de água. O desenvolvimento de mecanismos de adaptação das plantas é influenciado pelo nível de CO₂, pela radiação

solar, temperatura e umidade relativa do ar (GRANT, 1992; REYES *et al.*, 2014). Sob estresse ambiental, as plantas de palma de óleo podem mudar sua alocação de biomassa entre órgãos, reduzindo a taxa de crescimento, dependendo do tempo de duração de estresse (SUN *et al.*, 2011).

Na Tabela 2 verifica-se que durante a época seca a UR do ar fica muito abaixo das exigências da palma de óleo, que é de 80 a 90% (Tabela 1) e no Cerrado esta UR atinge a menos de 50%, nos períodos mais secos.

Fatores ambientais como as variações sazonais no ciclo pluviométrico, mudanças na temperatura, fotoperíodo e radiação, tem sido indicados como as principais causas de alterações dos padrões fenológicos observados nas plantas (SINGH; KUSHWAHA, 2006; LEGROS *et al.*, 2009) e que influenciam no desenvolvimento e produção da palma de óleo (LARCHER, 2003; HENSON; DOLMAT, 2003; KALLARACKAL *et al.*, 2004; HENSON; HARUN, 2005; GINGOLD *et al.*, 2012).

No que se refere às características avaliadas: massa de óleo, teor de umidade e os teores de óleo base seca e base úmida, averiguou-se que não apresentaram diferenças significativas entre as cultivares avaliadas.

Essas características também não apresentaram diferenças significativas entre as épocas seca e chuvosa, não havendo, portanto, o efeito da interação cultivares *versus* épocas.

Tabela 3. Médias da massa de óleo (g) em (15 g de polpa seca sem caroço) e teores de óleo da polpa em base seca e úmida (%), das cultivares BRS C 2301, C 2501, C 1001 e C 2528, em duas épocas (chuva e seca), Porto Nacional- TO, 2014

Cultivares	Massa de óleo		Teor de óleo (seca)		Teor de óleo (úmida)	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca
2301	9,65 a	9,72 a	64,34 a	64,83 a	44,82 a	44,44 a
2501	10,21 a	9,59 a	68,03 a	63,90 a	49,18 a	44,00 a
1001	10,46 a	9,48 a	69,73 a	63,19 a	49,66 a	44,11 a
2528	9,97 a	9,94 a	66,45 a	66,24 a	48,54 a	45,83 a
Médias de Épocas	10,07 A	9,68 A	67,14 A	64,54 A	48,05 A	44,59 A

Obs: As médias seguidas de letras iguais, não diferem-se estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 3, as massas de óleo em base seca obtidas das cultivares BRS C 2301, C 2501, C 1001 e C 2528, não diferiram estatisticamente, sendo que os

valores médios para as épocas, chuvosa e de seca, foram de 10,07 g e 9,68 g, respectivamente.

Devido à disponibilidade de água oferecida pela irrigação das plantas de palma, pode-se inferir que mesmo na época de seca, a planta não sofreu estresse hídrico. Como os elementos climáticos, insolação e temperatura do ar, ficaram sempre numa faixa adequada para o desenvolvimento da palma, a não variação estatística entre períodos pode ter sido devido à disponibilização de água durante todo o ciclo da cultura.

Zaidul *et al.* (2007) em estudo realizado na Malásia com palma de óleo, obtiveram 47 g de óleo para 100 g de amostra, o equivalente a 7,05 g de óleo para 15g de amostra seca (79 g de óleo em 100 g de amostra em base seca), ou seja abaixo dos valores obtidos neste trabalho.

Os teores de óleo em base seca e em base úmida da polpa sem caroço não diferiram estatisticamente entre as épocas de colheita e nem entre as cultivares BRS C 2301, C 2501, C 1001 e C 2528. Observou-se que os teores de óleo em base seca, obtiveram médias de 67,14 e 64,54 % (m/m), para as épocas chuvosa e seca, respectivamente.

Já os teores médios de óleo em base úmida da polpa seca sem caroço foram de 48,05 % (m/m) (época chuvosa) e 44,59 % (m/m) (época seca).

No processo agroindustrial de processamento da palma de óleo, utiliza-se como parâmetro principal o teor de óleo em base úmida, pois representa os frutos como são processados na indústria.

Os valores médios dos teores de óleo em base úmida das cultivares avaliadas e referentes às épocas seca e chuvosa, foram superiores aos teores normalmente encontrados nos plantios comerciais de palma de óleo. Viégas; Müller (2000) ao realizarem um estudo de balanço de massa de extração de óleo de palma no estado do Amazonas, determinaram um teor médio de óleo de 20%.

Os resultados deste trabalho foram mais elevados do que os constatados por Silva (2006), que ao avaliar seis materiais genéticos de palma irrigados, no estado do Pará obteve uma taxa de extração de óleo média de 31%. Com disponibilidade de água, temperaturas em torno de 25°C e radiação solar incidente intensa, o metabolismo da palma realiza suas funções com eficiência e o efeito pode-se refletir na maior produção de óleo nestas condições.

Os teores de óleo obtidos neste trabalho foram superiores aos encontrados por Nogueira (2011) que determinou 37,30% (m/m) para a época chuvosa e 29,95 % (m/m)

para a época seca, em experimento conduzido em 2011 em Planaltina – DF. Os experimentos de cultivares de palma de óleo conduzidos em Porto Nacional – TO e em Planaltina – DF, foram realizados sob as mesmas condições de manejo, contudo esta diferença no teor médio de óleo, possivelmente pode ter sido um efeito do clima, em específico de temperatura e umidade relativa do ar, por ser a região de clima mais ameno e umidade do ar mais baixa na época da seca. De acordo com o INMET (2014), no Distrito Federal a temperatura média anual é de 20,6 °C e a umidade relativa do ar média é de 67,6%, ficando todos esses valores abaixo das faixas adequadas ao desenvolvimento da cultura, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Os resultados do teor de óleo (base úmida) deste trabalho também foram superiores aos observados por Teles (2014), ao avaliar o teor de óleo de duas cultivares de palma de óleo (BRS C 1001 e BRS C 2501) em experimento irrigado, sob condições de Cerrado. Os valores médios obtidos por ele foram 27,8% (m/m) e 33,2% (m/m) para as cultivares BRS C2501 e BRS C1001, respectivamente.

Este trabalho mostrou que a palma de óleo apresentou um desenvolvimento satisfatório em condições de Cerrado, tanto na área de produção quanto no processo referente à extração de óleo. Isso foi devido principalmente por ter sido cultivada com irrigação, impossibilitando que a cultura sofresse déficit hídrico na época do ano em que acontece o período de seca.

Diante do exposto depreende-se que para que a cultura da palma seja cultivada nesta região, é necessário que o produtor disponibilize água para a planta sob a forma de irrigação no período da seca.

Nessas condições, independente do genótipo avaliado constatou-se que o comportamento dos mesmos foram semelhantes nas condições de Cerrado. Isso demonstra que as quatro cultivares podem ser igualmente cultivadas nestas condições, sem sofrer alteração quanto ao teor de óleo extraído, caso mantido o padrão climático do período analisado.

4. CONCLUSÕES

As cultivares não diferiram entre si quanto à massa de óleo e os teores de óleo em base seca e úmida;

As épocas de formação de cacho das cultivares não influenciaram na massa de óleo e no teor de óleo dos genótipos, possivelmente devido à utilização de irrigação, impossibilitando que a cultura sofresse déficit hídrico nos meses mais secos do ano;

As cultivares estudadas na região central do Tocantins apresentaram teor de óleo superiores às produzidas sob condições de Cerrado fora do estado.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, A.; STERLING, F. Seasonal variation in the oil extraction rate in oil palm. **ASD Oil Palm Papers**, n. 17 p.20-30. 1998.

ALVARADO A.; STERLING F. Desarrollo de variedades de palma de aceite para condiciones climáticas extremas. In: XIV Conf. Int. Palma Aceite. FEDEPALMA, Cartagena, 2003.

ALVARADO, A.; CHINCHILLA, C.; ALBERTAZZI, H. La tolerancia al estrés abiótico, las pudriciones del cogollo (PC) y la marchitez por *fusarium* en palma aceitera (*Elaeis guineensis*) están relacionadas. **Oil Palm Papers**, n. 42, p. 21-26. 2014.

BASTOS, T. X.; MÜLLER, A. A.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, S. M. N.; ASSAD, E. D. E MARQUES, A. F. S.; Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.564-570. 2001.

BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: dez. 2014

BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V. Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o clima presente e projeções para um cenário com 2xCO₂ usando o modelo MIROC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.1, p.58-72. 2008.

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **J. Exp. Bot**, v. 55, p. 2365-2384. 2004.

CORLEY, R.H.V.; TINKER, P.B.; The climate and soils of the oil palm-growing regions. In: **The Oil Palm**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science. 2003. 608 p.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras.** n 20, p. 13-23. 2006.

EMBRAPA. 2013. **Agricultores da Guiana Francesa conhecem práticas inovadoras de agricultura no cerrado amapaense**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/noticia/1494060/agricultores-da-guiana-francesa-conhecem-praticas-inovadoras-de-agricultura-no-cerrado-amapaense>>. Acesso em: 07 out. 2014.

- EMBRAPA. 2012. **Dendê**: fonte de óleo para biodiesel. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/1487572/dende-fonte-de-oleo-para-biodiesel>>. Acesso em: 07 out. 2014.
- GINGOLD, B. *et al.* How to identify degraded land for sustainable palm oil in Indonesia. Working Paper. World Resources Institute and Sekala, Washington, 2012.
- GRANT, R.F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation a testing. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1322-1328. 1992.
- HENSON, I. E.; DOLMAT, M. T. Physiological analysis of an oil palm density trial on a peat soil. **J. Oil Palm Res.**, v. 15, p. 1-27. 2003.
- HENSON, I. E.; HARUN, M. H. The influence of climatic conditions on gas and energy exchanges above a young oil palm stand in north Kedah, Malaysia. **J. Oil Palm Res.**, v. 17 p. 73-91. 2005.
- HEMPTINNE J.; FERWERDA J. D. Influence des precipitations sur les productions du palmier a huile (*Elaeis* Jacq.). **Oléagineux**, v.16, p. 431–437. 1961.
- IBGE. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 332p.
- INMET. **Dados históricos Porto Nacional**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83064&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/05/2013&mRelDtFim=10/09/2014&mAtributos>. Acesso em: 21 out. 2014.
- KALLARACKAL, J.; JEYAKUMAR, P.; GEORGE, S. J. Water use of irrigated oil palm at three different arid locations in peninsular India. **J. Oil Palm Res.**, v. 16, p. 45-53. 2004.
- KIJNE, J. W. Abiotic stress and water scarcity: identifying and resolving conflicts from plant level to global level. **Field Crops Res.**, v. 97, p. 3-18. 2006.
- KOH, L. P.; WILCOVE, D. S. Cashing in palm oil for conservation. **Nature**, v. 448, p. 993–994. 2007.
- KOH, L.P.; MIETTINEN, J.; LIEW, S.C.; GHAZOUL, J. Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 108, p. 5127 -5132. 2011.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**: ecophysiology and stress physiology of functional groups. 4 ed. Berlim: Springer-Verlag, 2003. 514p.
- LEGROS, S.; MIALET-SERRA, I.; CALIMAN, J.P.; SIREGAR, F. A., CLE´MENT-VIDAL, A.; DINGKUNH, M.. Phenology and growth adjustments of oil palm (*Elaeis guineensis*) to photoperiod and climate variability. **Annals of Botany**, v.104, p. 1171–1182. 2009.

NOGUEIRA, M. P.; **Fermentação *In vitro* da torta de dendê cultivados nas condições de Cerrado**. 2011. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso- (Agronomia) UnB, Brasília. 2011.

NOUY B.; BAUDOUIN L.; DJEGUI N.; OMORE A. Oil palm under limiting water supply conditions. **Plantations, Recherche e Développement**, v. 6, p 31–45. 1999.

PASSIOURA, J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. **J. Exp. Bot.**, v. 58, p. 113-117. 2007.

PINTO, P. H. P.; SILVA, A. A. F.; SOUZA, L. B. Abordagem preliminar sobre a gênese e a dinâmica climática em Porto Nacional – TO. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Fortaleza. **Anais... ABCLIMA**, 2010. 1 CD, 12p.

PINTO, P. H. P.; SOUZA, L. B. Os aspectos climáticos de Porto Nacional (TO) com base nas Normais Climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. In: SEMANA ACADÊMICA DE GEOGRAFIA, Porto Nacional. **Anais...** Porto Nacional: UFT, 2010. 1 CD, p.141-153.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (org.) **Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990)**. Brasília: INMET, 2009. 7 p.

REYES, R.; RIAÑO, N.; CHINCHILLA, C.; IBARRA, N. Respuesta fisiológica de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.) a la disponibilidad de agua en el suelo en condiciones de campo en Tumaco, Colombia. **Oil Palm Papers**, n. 42, p. 11-20. 2014.

ROMERO, R. R. Desarrollo del racimo y formación de aceite em diferentes épocas del año. **Palmas**, Bogotá, v. 21, Número Especial, p. 53-58. 2000.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294. 1998.

SAYER, J.; GHAZOUL, J.; NELSON, P.N.; KLINTUNI BOEDHIHARTONO, A. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. **Global Food Sec.**, v. 1, p. 114–119. 2012.

SILVA, J. S. O. **Produtividade de óleo de palma na cultura do dendê na Amazônia Oriental**: influência do clima e do material genético. 2006. 95 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- UFV, Viçosa. 2006.

SINGH, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. **Annals of Botany**, v. 97 p. 265-276. 2006.

SUN, C.; CAO, H.; SHAO, H.; LEI, X; XIAO, Y. Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 10465-10471. 2011.

TEIXEIRA, P. C. R. S.; LIMA, W. A. A.; ROCHA, R. N. C.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R. Influência da disposição dos tubetes e da aplicação de fertilizantes de

liberação lenta, durante o pré-viveiro, no crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 157-168. 2009.

TELES, D. A. A. **Características físicas e rendimento mensal em óleo de cachos de duas cultivares de dendezeiro cultivadas, sob irrigação, no Cerrado do Distrito Federal**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- UnB, Brasília.

VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2000.44p.

[ZAIDUL](#), I. S. M.; [NIK NORULAINI](#), N. A.; [MOHD, A. K.](#); [SATOY, O. R.](#); [SMITH JR, L.](#) Separation of palm kernel oil from palm kernel with supercritical carbon dioxide using pressure swing technique. **[Journal of Food Engineering](#)**, v. 81, n.2, p. 419-428. 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os testes realizados neste trabalho foi possível concluir que modificações nas metodologias existentes podem melhorar o processo de extração de óleo, diminuindo custos e tempo. Para a indústria esta modificação no método causaria uma redução de tempo de realização dos processos e de custos, otimizando-os. A avaliação da palma de óleo no Cerrado Tocantinense levou a resultados satisfatórios do cultivo desta espécie em condições de seca e chuva bem definidas, contanto, que o plantio seja irrigado. Este trabalho traz resultados importantes que comprova que a cultura da palma não sofre variações bruscas na produção de óleo em condições meteorológicas muito diferentes das condições tropicais de cultivo, neste caso, o Cerrado Tocantinense. Com a necessidade energética atual, estes resultados aumenta a área de cultivo da palma além de melhorar a eficiência do método de extração de óleo na agroindústria da palma.